Б. А. ЕГОРОВ

ПРОИЗВОДСТВО И РЕМОНТ КОЛЛЕКТОРОВ КРУПНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

Б. А. ЕГОРОВ

ПРОИЗВОДСТВО И РЕМОНТ КОЛЛЕКТОРОВ КРУПНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
Москва 1959 Ленинград

ЭЭ-4(3)-3

В книге изложена современная технология изготовления и ремонта коллекторов крупных электрических машин. Описаны характерные технологические процессы, а также конструкции специального оборудования, приспособлений и инструмента.

Книга предназначена для инженерно-технических работников электромашиностроительных и электроремонтных заводов, а также для работников проектных организаций. Она может быть использована студентами втузов и техникумов при изучении курса технологии производства электрических машин.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Коллектор является одной из наиболее сложных частей электрической машины. Это объясняется прежде всего особенностями его конструкции. Первая из них заключается в том, что в коллекторе очень много медных пластин, чередующихся с миканитовыми прокладками. Число таких пластин, а стало быть, и прокладок доходит в иных коллекторах до нескольких сотен. Второй конструктивной особенностью коллектора является сложность сопряжения его металлических и изоляционных деталей. Примером этого могут служить трудные в выполнении геометрические формы сопряжения таких деталей арочного коллектора, как стальные нажимные кольца, миканитовые манжеты и цилиндр меди. Сложность конструкции коллектора обусловлена, далее, специфическими явлениями, возникающими в нем под действием центробежных сил и температурных удлинений.

Конструктивная сложность коллектора усугубляется весьма жесткими эксплуатационными требованиями, предъявляемыми к нему. Достаточно указать, что биение коллектора в крупной электрической машине ограничено весьма малой величиной — 0,05 *мм*, откуда следует, что эксцентриситет коллектора не должен превышать 0,025 *мм*.

Чтобы удовлетворить этим высоким требованиям, недостаточно создать рациональную конструкцию и применить при ее изготовлении высококачественные материалы, надо еще и строжайшим образом соблюдать установленные технологические процессы, начиная с обработки отдельных деталей и кончая общей сборкой.

Несмотря на столь ответственное назначение коллектора в электрической машине и на весьма большой, непрерывно возрастающий выпуск отечественной промышленностью коллекторных машин, приходится с сожалением отметить отсутствие в нашей технической литературе специальных трудов по коллекторному производству.

Литературные данные о производстве коллекторов исчерпываются краткими сведениями, содержащимися в соответствующих разделах известных трудов по технологии электромашиностроения.[1]

---

[1] М. И. Московский, Технология электромашиностроения, Госэнергоиздат, 1947. Н. В. Виноградов, Технология производства электрических машин, Госэнергоиздат, 1954.

Не отрицая учебно-методических достоинств указанных трудов, нельзя все же не отметить, что содержащиеся в них материалы по технологии изготовления коллекторов не только не полны, но во многом уже не соответствуют уровню, достигнутому в настоящее время данной отраслью электромашиностроения. Не подлежит сомнению, что названные труды больше не могут служить заводскому персоналу и работникам проектных организаций в качестве руководства при проектировании и организации коллекторного производства. Не могут они сегодня удовлетворить и запросам студентов электромашиностроительных вузов и техникумов, стремящихся к углубленному изучению технологии производства коллекторов.

В свете сказанного ясны задачи, которые автор ставил перед собой при написании данной книги. Настоящую работу он рассматривает как попытку создать руководство, отражающее современное состояние технологии производства коллекторов крупных электрических машин, и тем хотя бы отчасти восполнить имеющийся в литературе пробел по этому важному вопросу.

Следует отметить, что огромные успехи, достигнутые отечественными заводами в послевоенные годы по усовершенствованию технологии производства коллекторов все же не избавили нас от ряда нерешенных вопросов. Из опубликованных данных следует, что и зарубежное электромашиностроение стоит перед рядом технических трудностей. В частности, там полностью еще не разрешены вопросы правильной формовки коллекторов, выбора величины натягов в сопряжениях бандажных колец с миканитовыми поясками, использования припоев с повышенными температурами плавления и т. д.

Предлагаемый труд намечает пути разрешения некоторых из этих задач. Он основан на производственном опыте отечественного электромашиностроения, главным образом ведущих его предприятий, какими являются заводы «Электросила» и ХЭМЗ. Использованы также результаты отдельных исследований. В работе приведены некоторые данные зарубежных фирм АЭГ, Броун-Бовери и др.

В книге описаны многие успешно внедренные в производство прогрессивные конструкции специального оборудования, штампов, приспособлений и инструмента. Технологические процессы обработки основных деталей и узлов, а также сборки коллекторов, изложены так, чтобы их можно было воспроизвести непосредственно в заводских условиях.

Настоящая работа предназначена для технологов, конструкторов и мастеров электромашиностроительных и электроремонтных заводов, а также для работников проектных организаций. Она может быть использована и студентами высших и средних учебных заведений при глубокой проработке ими курса технологии производства электрических машин.

Все замечания читателей по поводу обнаруженных ими недочетов в работе просьба направлять по адресу: Ленинград, Д-41, Марсово поле, 1, Ленинградское отделение Госэнергоиздата. Автор примет эти замечания с благодарностью.

Автор

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КОЛЛЕКТОРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ, И ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

§ 1. Общие сведения

Для заготовительных участков современного производства коллекторов характерны комплексная механизация и автоматизация производственного процесса, ставшие возможными, в частности, благодаря широкому использованию прессового оборудования. В этом отношении технология заготовительных работ значительно опередила технологию сборки и привела к общеизвестному положению, согласно которому трудоемкость заготовительных операций снижается быстрее, чем трудоемкость сборки.

Как ни велики успехи, достигнутые в механизации и автоматизации заготовительных работ, возможности дальнейшего снижения их трудоемкости далеко еще не исчерпаны. Так, можно говорить о том, что в индивидуальном и мелкосерийном производстве крупных машин назрел переход от отдельных операций при штамповке петушков к совмещенным операциям в одном штампе. В качестве примеров назовем вырубку отверстий или паза одновременно с отрезанием заготовки, совмещение двух гибочных операций в одну и т. д. Значительному росту производительности труда способствует также применение пневматики, в особенности на таких операциях, как рихтовка коллекторных пластин на вафельных штампах, пневматическое крепление пластин при фрезеровании шлицов, гибка петушков на настольных пневматических прессах и т. д.

С переводом обмоток машин постоянного тока на кремнийорганическую изоляцию повышаются рабочие температуры и уменьшаются габариты машин. В связи с этим важное значение приобретает вопрос о пайке соединений обмотки не мягкими, а твердыми припоями. Это относится также к пайке соединений петушков с пластинами.

Внедрение в коллекторное производство таких твердых припоев, как медно-фосфорный ПМФ7, медно-серебряно-фосфорный ПМСрФ15-5 и др., обеспечивает совершенствование технологии и укорочение производственного цикла.

При этом отпадают такие заготовительные операции, как сверление отверстий под заклепки петушка и пластины, клепка петушка и пластины, обрубка закругления хвостовой части петушка, лужение хвостовика. Клепка самого петушка заменяется пайкой твердым припоем. Припайка петушка к медной пластине посредством твердого припоя, а также использование универсальных установочных приспособлений, обеспечивают одинаковое расположение петушков в пластинах. Применение специальной паяльной установки с водяным охлаждением медной пластины позволяет повысить качество пайки, так как при этом пластина получает отжиг на минимальной площади.

В настоящей главе приведены результаты проведенной на заводе «Электросила» работы по пайке твердыми припоями.

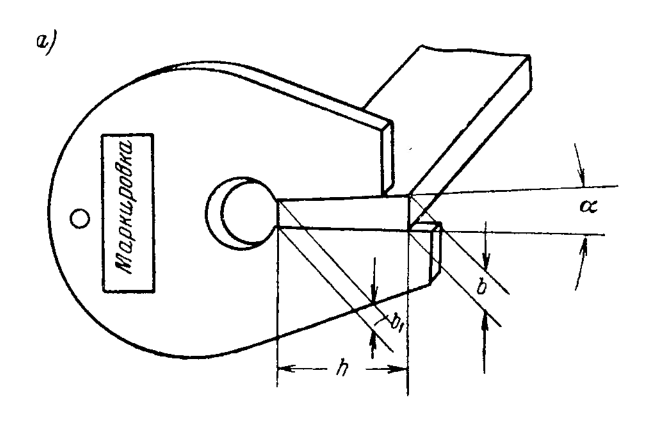
Следует отметить, что качество изготовления петушков и медных пластин во многом предопределяет качество сборки коллекторов. Если петушки будут изготовлены с недопустимыми отклонениями или будут неправильно поставлены в пластинах, а сами пластины будут иметь отклонения по длине, то и на готовом коллекторе петушки будут расположены неправильно, коллектор приобретет неряшливый вид и при вращении коллектора будет наблюдаться недопустимое наружное и торцовое биение петушков.

Перед запуском в производство необходимо тщательно проработать технологию гибки петушков и их установки в медные пластины. Следует предусмотреть применение наиболее совершенных штампов, приспособлений и автоматизирующих устройств, а также их унификацию с тем, чтобы повысить качество коллекторов и поднять производительность труда.

§ 2. Коллекторная и петушковая медь

Материалом для коллекторных пластин служит полосовая медь трапецеидального сечения (ГОСТ 3568-47). Размеры коллекторной меди не стандартизованы, так как выбор нужных сечений ее производится, ввиду различий в требованиях, предъявляемых к конструкциям электрических машин постоянного тока, только после электрических расчетов. Отсюда большое и все возрастающее разнообразие применяющихся на заводах сечений коллекторной меди. Только завод «Электросила» использует 200 сечений, размеры которых (рис. 1, *a*) колеблются в следующих пределах: b — от 2,56 до 15,62 *мм*, b_1 — от 1,08 до 12,32 *мм*, h — от 18 до 80 *мм*.

Коллекторную медь, заказываемую электромашиностроительными заводами, кабельные заводы протягивают на нужный размер через волочильные матрицы. Вместе с заказом кабельному заводу выдают шаблон на профиль меди, по которому и производится ее приемка заказчиком. Коллекторную медь изготавливают с допусками на номинальные размеры поперечного сечения, указанными в табл. 1.



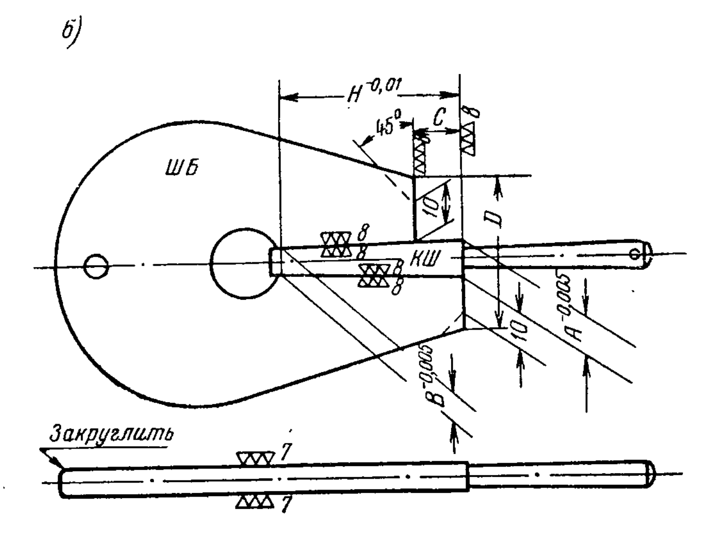


Рис. 1. Шаблон для коллекторной меди

Таблица 1

Допуски на размеры меди

Размеры b и b_1 на рис. 1, *а, мм*	Допускаемые отклонения, *мм*	Размер h на рис. 1, *а, мм*	Допускаемые отклонения, *мм*
3	— 0,04	до 18	— 0,2
3 — 6	— 0,05	18 — 30	— 0,3
6 — 10	— 0,06	30 — 50	— 0,6
10 — 18	— 0,07	50 — 80	— 0,8
		80 — 105	— 1,0

Шаблоны для изготовления и приемки коллекторной меди (рис. 1, *б*) предназначены для измерения размеров b и b_1, а также угла α. Высота профиля h проверяется с помощью предельной скобы или универсального мерительного инструмента. Для приемки коллекторной меди с допусками по размеру b в шаблоне предусмотрена ступенька высотой C, которая зависит от угла α и определяется из равенства:

$$C = \frac{\frac{\delta}{2}}{\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} = \frac{\delta}{2\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}},$$

где $\frac{\delta}{2}$ — половина допуска на изготовление меди по размеру b.

Допускаемые размеры меди должны всегда быть в пределах между верхней и нижней границей ступеньки C.

Шаблоны изготовляются с точностью: по размерам A и B—до 0,005 *мм*; по размеру H — до 0,01 *мм*.

При изготовлении контршаблона *КШ* проверка его размеров производится на инструментальном микроскопе малой модели, а готовый *КШ* проверяется в измерительной лаборатории на универсальном микроскопе типа УИМ-21.

При выполнении шаблона *ШБ* по контршаблону *КШ* максимальный размер $A_{\text{макс}}$ в *КШ* должен находиться в одной плоскости с $A_{\text{макс}}$ в *ШБ* (рис. 1, *б*).

На боковых поверхностях полос коллекторной меди допускаются после протягивания отдельные провалы, не превышающие 0,05 *мм*. Проверку таких мест производят щупом, вставляя его между боковой стенкой шаблона и плоскостью меди.

Для быстроходных коллекторов, работающих со скоростями свыше 25 *м/сек*, рекомендуется применять кадмиевую коллекторную медь по ГОСТ 4134-48. Для изготовления полос этой меди применяют сплав из 98,65—99,0% меди и 0,9—1,2% кадмия. В состоянии поставки полосы меди должны иметь твердость не ниже $H_Б = 95$.

Для петушковой и ленточной токопроводящей меди, поступающей в бухтах весом от 50 до 90 *кг,* принята марка М1 с удельным весом 8,9 (ГОСТ 193-53). Механические свойства меди (ГОСТ 434-53) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Механические свойства меди

Толщина ленточной меди *мм*	Марка меди		
	МГМ (медь голая мягкая)		МГТ (медь голая твердая)
	предел прочности при растяжении, *кГ/мм*² (не более)	относительное удлинение, % (не менее)	предел прочности при растяжении, *кГ/мм*² (не менее)
0,1 — 0,8	—	—	30
0,83 — 1,25	26	30	30
1,35 — 3,28	26	32	27
3,53 – 7,0	25	34	26
Более 7,0	25	35	25

Электрическое сопротивление меди М1 (ГОСТ 1535-45) должно быть: для мягкой отожженной — не более 0,01748 $ом \cdot мм^2/м$; для твердой неотожженной — не более 0,0179 $ом \cdot мм^2/м$. Температурный коэффициент электросопротивления принят равным 0,00433.

В табл. 3 приведены широко применяющиеся на заводе «Электросила» размеры ленточной меди для петушков (ГОСТ 434-53). При определении площади сечения для однослойных петушков учтены радиусы закруглений.

Таблица 3

Размеры ленточной меди для петушков

Ширина меди, *мм*	Двухслойные петушки							Однослойные петушки		
	толщина меди, *мм*									
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,56	1,68
	площадь сечения меди, *мм*²									
8,0	—	—	—	—	—	6,4	—	—	—	—
10 0	—	—	—	—	—	8,0	—	—	—	—
12,5	1,25	—	—	6,25	—	—	—	12,3	19,4	—
14,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24,2
15,6	—	—	—	—	—	—	—	—	23,8	25,6
16,0	1,6	—	—	8,0	—	12,8	—	—	—	—

Продолжение

Ширина меди, *мм*	Двухслойные петушки							Однослойные петушки		
	Толщина меди, *мм*									
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,56	1,68
	Площадь сечения меди, *мм*²									
16,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27,6
18,0	—	—	—	—	—	—	16,2	—	27,6	29,6
19,5	—	—	—	—	—	—	—	19,3	29,9	32,2
20,0	—	—	—	—	—	16,0	18,0	—	—	—
25,0	2,5	—	7,5	12,5	15,0	20,0	—	24,8	38,5	41,4
28,0	—	—	—	—	—	—	—	—	43,2	—
30,0	—	—	9,0	15,0	18,0	24,0	27,0	29,8	46,3	49,8
32,0	—	—	—	—	—	—	—	—	49,4	53,2
35,0	—	—	—	—	—	—	—	—	54,1	58,2
40,0	—	—	12,0	20,0	—	—	—	—	—	—
50,0	—	10,0	15,0	—	—	—	—	—	77,5	—
60,0	—	12,0	18,0	—	—	—	—	—	—	—
70,0	—	—	21,0	—	—	—	—	—	—	—
80,0	—	—	24,0	40,0	—	—	—	—	—	—

§ 3. Изготовление коллекторных пластин

Изготовление пластин для коллекторов крупных машин отличается большой трудоемкостью. Поэтому механизация процессов обработки имеет здесь большое значение. Правильное расположение оборудования и рабочих мест, устраняющее лишние межоперационные перевозки многих тонн коллекторной меди, является важнейшим условием успешной работы заготовительного участка коллекторной мастерской. На рис. 2 показан один из вариантов целесообразного расположения оборудования на заготовительном участке.

Для перевозки пластин служат тележки, представленные на рис. 3, *а*-*е*[1]. Широкое применение нашла себе тележка, изображенная на рис. 3, *а*. Тележка, изображенная на рис. 3, *д* удобна тем, что после отсоединения отъемных передних колес тележка превращается в стеллаж. Двухколесная тележка на шарикоподшипниках (рис. 3, *е*) снабжена двумя крючками *1*, которые заводятся под транспортные стержни *2*, и при опускании рукоятки *3* сравнительно легко поднимают стеллажи *4* с уложенными на них коллек-

[1] Министерство электротехнической промышленности СССР. Средства малой механизации на предприятиях. Информационно-технический сборник, вып. 21 (105).

торными пластинами на высоту 50—100 *мм*. Для облегчения труда при перевозке грузов на тележках с заготовительной мастерской необходимо иметь ровные дорожки.

Резка и рубка заготовок для пластин. Получаемую заводом полосовую коллекторную медь разрезают или разрубают на полосы заданной длины с учетом припуска на дальнейшую механическую обработку, которой подвергаются эти полосы.

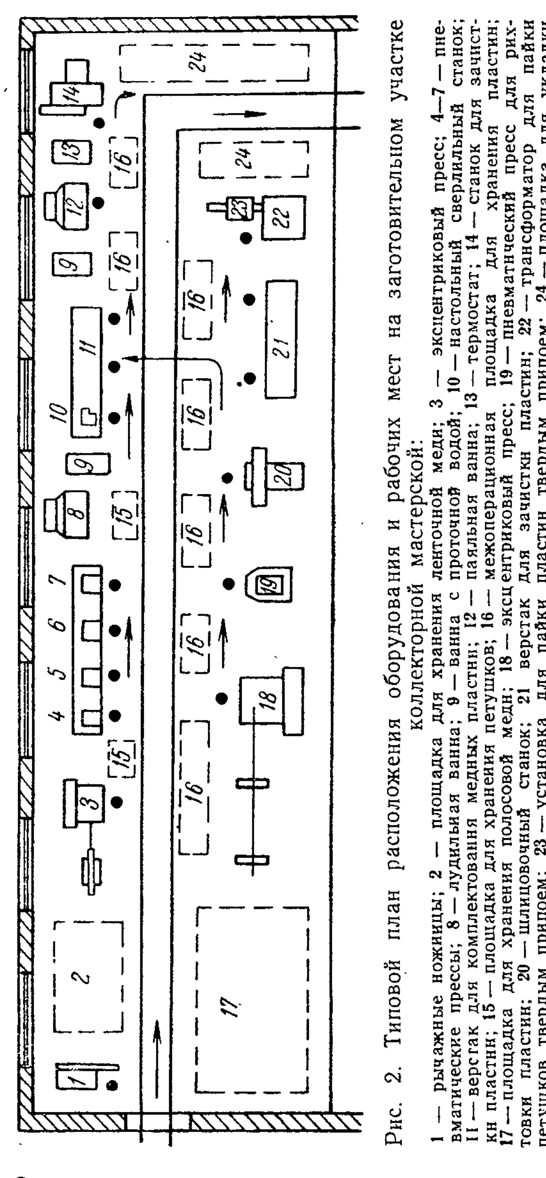


Рис. 2. Типовой план расположения оборудования и рабочих мест на заготовительном участке коллекторной мастерской:

1 — рычажные ножницы; 2 — площадка для хранения ленточной меди; 3 — эксцентриковый пресс; 4—7 — пневматические прессы; 8 — лудильная ванна; 9 — ванна с проточной водой; 10 — настольный сверлильный станок; 11 — верстак для комплектования медных пластин; 12 — паяльная ванна; 13 — термостат; 14 — станок для зачистки пластин; 15 — площадка для хранения петушков; 16 — межоперационная площадка для хранения пластин; 17 — площадка для хранения полосовой меди; 18 — эксцентриковый пресс; 19 — пневматический пресс для рихтовки пластин; 20 — шлицовочный станок; 21 верстак для зачистки пластин; 22 — трансформатор для пайки петушков твердым припоем; 23 — установка для пайки пластин твердым припоем; 24 — площадка для укладки готовых пластин

Конструкция установки для резки коллекторной меди представлена на рис. 4. На коробке *1* находится плита *2* с двумя трапециевидными направляющими пазами, по которым перемещается рама *3*. Для облегчения подъема плиты, откидывающейся на шарнирах при очистке коробки, поставлен противовес *4*. Дисковую пилу, закрепленную на шпинделе *5* и защищенную кожухом *6*, вращает электродвигатель *7*, снабженный ременной передачей. Два подшипника *8*, в которых установлен шпиндель, прикреплены к каркасу коробки *1*. Перемещением упора *9*, находящегося на раме *3*, обеспечивают разрезку полосы на пластины заданной длины. В процессе резки раму передвигают вручную вдоль плиты, как показано левой стрелкой. Отрезанная пластина попадает через окно в плите на внутреннюю наклонную поверхность *10*, а затем в подставленную тару. Для безопасности на кожухе *6* установлено закрытие *11*, перемещение которого обеспечивается в одном направлении рамой *3*, а в другом — двумя пружинами *12*.

Для рубки коллекторной меди служит эксцентриковый пресс (рис. 5) с двухколоночным штампом. На верхнем основании *1* закреплен пуансон *2*, длина рубящей кромки которого несколько превышает максимальную ширину коллекторной меди. На нижнем основании *3* находится матрица *4*, которую передвигают при установке

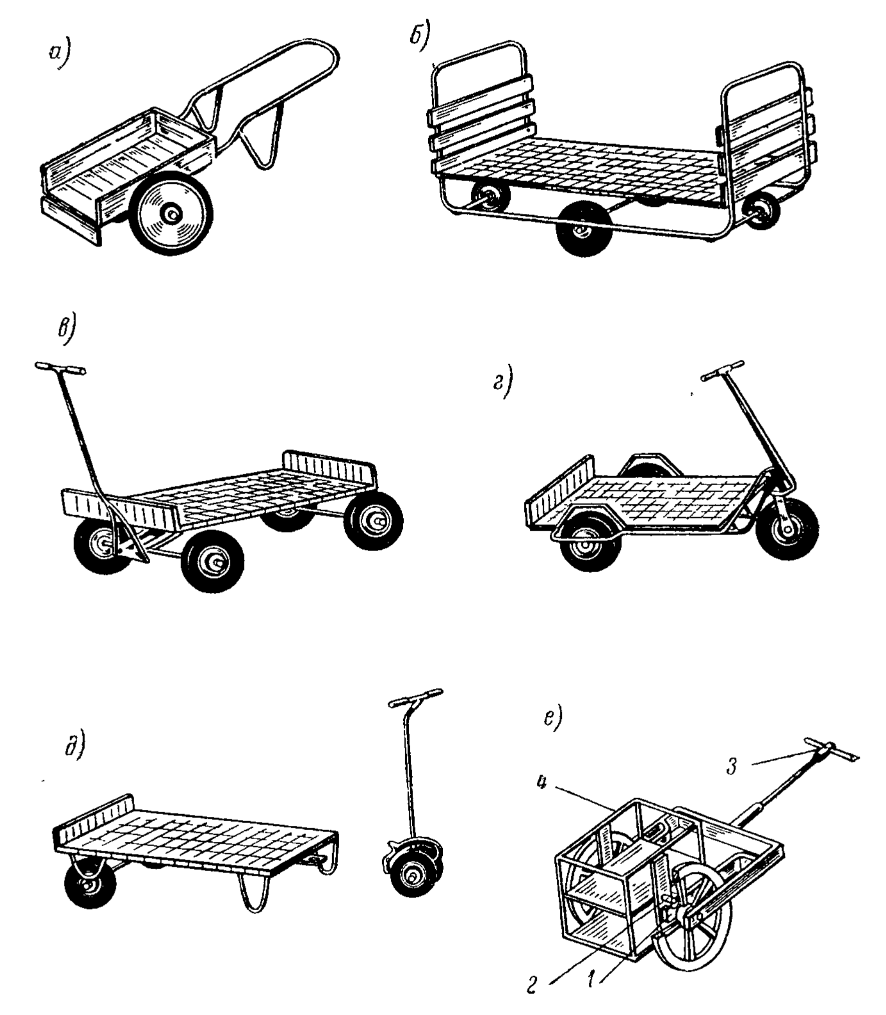


Рис. 3. Тележки для перевозки коллекторных пластин

зазора болтами, ввинченными в упорные планки *5*. Перемещением упора *6* по направляющей линейке *7*, прикрепленной к нижнему основанию штампа, обеспечивают рубку полосы коллекторной меди на требуемый размер. Для уменьшения вмятин при рубке пластин, особенно большого сечения, необходимо своевременно затачивать штамп и точно выдерживать требуемый зазор между пуансоном и матрицей.

Рубка меди производительнее резки и не требует от рабочего больших усилий. Особенно выгодна она в серийном производстве арочных коллекторов, где в пластинах производят предварительную вырубку ласточкина хвоста, благодаря чему сокращается трудоемкость механической обработки собранного коллектора.

Рихтовка пластин. Чтобы правильно собрать коллектор и обеспечить равномерное давление между пластинами в собранном коллекторе, необходимо отрихтовать пластины. К рихтовке приступают

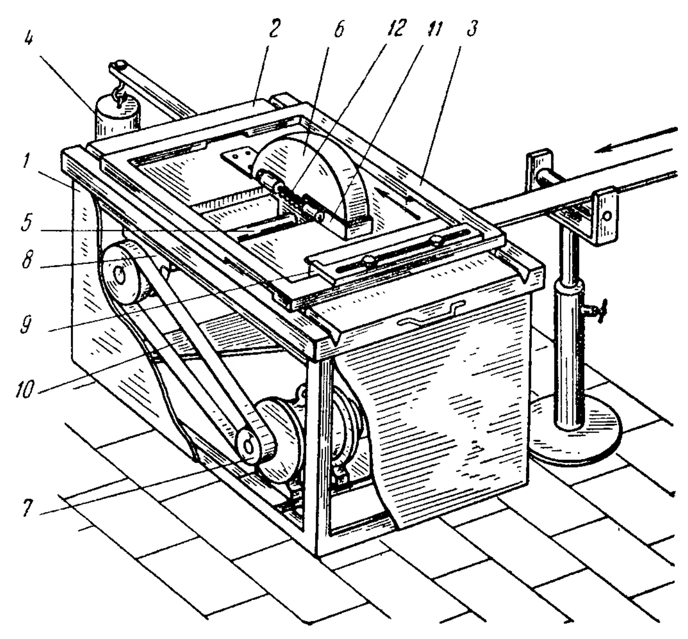


Рис. 4. Установка для резки коллекторной меди

после снятия заусенцев. Рихтовку согнутых пластин производят на плите ударами молотка через медную прокладку. Согнутые по винтовой поверхности пластины рихтуют посредством воротка *1* и плиты *2* (рис. 6).

Ручную рихтовку пластин заменяют теперь высокопроизводительной рихтовкой на универсальных вафельных штампах, установленных на пневматических прессах (рис. 7).

Особенностью матрицы универсального вафельного штампа является ее самоустанавливаемость в процессе рихтовки на различные углы коллекторных пластин. Конструкция такого штампа состоит из пуансона *1* и матрицы *2* с вафельной насечкой на рабочей поверхности. На основании *3*, имеющем полуцилиндрический желоб, матрица свободно поворачивается на требуемый угол. Продольный сдвиг матрицы по желобу в процессе рихтовки ограничивается

Рис. 5. Эксцентриковый пресс с установленным на нем штампом для рубки коллекторной меди

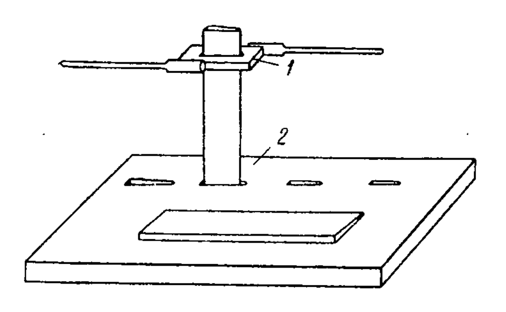


Рис. 6. Приспособление для ручной рихтовки коллекторных пластин

двумя планками *4*. Пластина при рихтовке передвигается по направляющей планке *5*, закрепленной на основании матрицы. Допускаемый зазор между проверочной плитой и плоскостью пластины проверяют щупом после рихтовки. Зазор не должен превышать 0,2 *мм* для длин до 300 *мм*, 0,3 *мм* для длин до 500 *мм* и 0,4 *мм* для длин свыше 500 *мм*.

Шлицовка пластин. Шлицовку пластин обычно производят на приспособленных для этой цели мелких горизонтально-фрезерных станках с ручным перемещением стола посредством рычага. Тиски, в которых закрепляют коллекторную пластину, должны быть тщательно установлены относительно дисковой фрезы; в противном случае шлиц может оказаться не посередине пластины.

Вспомогательное время можно снизить, если вместо ручных винтовых тисков применить пневматические тиски (рис. 8).

К основанию *1* приварен направляющий корпус *2;* шток *3* закреплен по наружной окружности между основанием и нижним диском *4*, по внутренней окружности он прикреплен к диску *5* посредством гайки *6*. В верхней части штока имеется паз; при возвратно-поступательном движении штока поворачивается рычаг *7*, действующий в свою очередь на толкатель *8*, а следовательно, и на подвижную губку тисков *9*, закрепляющую коллекторную пластину. Поскольку величина хода подвижной губки составляет 10 *мм*, то для крепления пластин различной толщины в конструкции тисков предусмотрено регулирование неподвижной губки *10* посредством винта *11*.

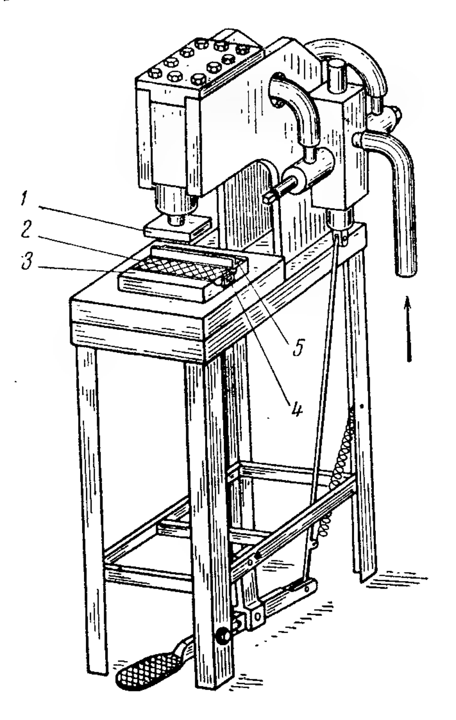


Рис. 7. Пневматический пресс с установленным на нем универсальным вафельным штампом

Работают пневматические тиски следующим образом. После того как пластина установлена между губками тисков, поворачивают рычаг *12* для пуска сжатого до 4—5 *ат* воздуха через каналы диска *13*, фланца *14* и направляющего корпуса *2*. Воздух заполняет пространство между резиновой диафрагмой *15* и направляющим корпусом, опускает вниз шток *3*, приводя в действие через рычаг и толкатель подвижную губку тисков.

Освобождение детали производится поворотом рычага *12* во второе положение; при этом сжатый в камере тисков воздух через второе отверстие выходит по каналу в диске *13*, соединяющемуся с вы-

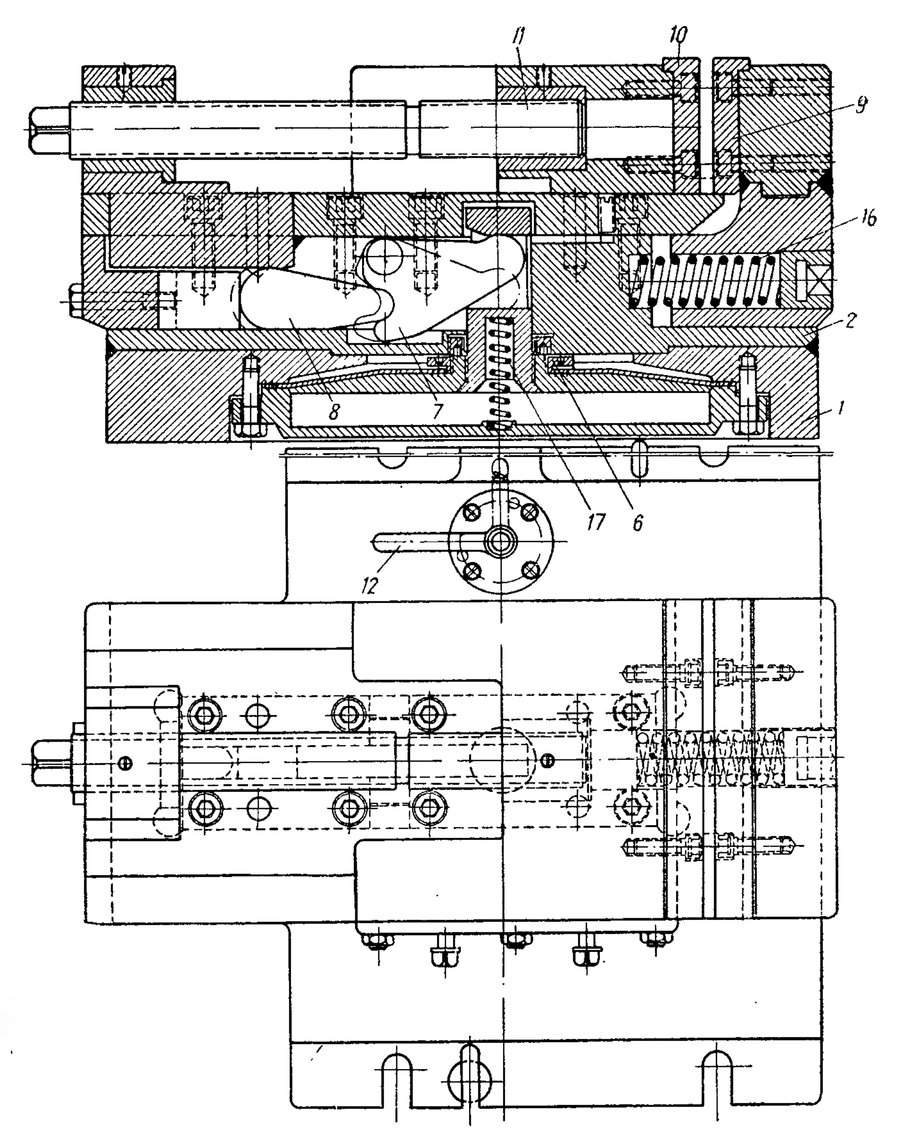
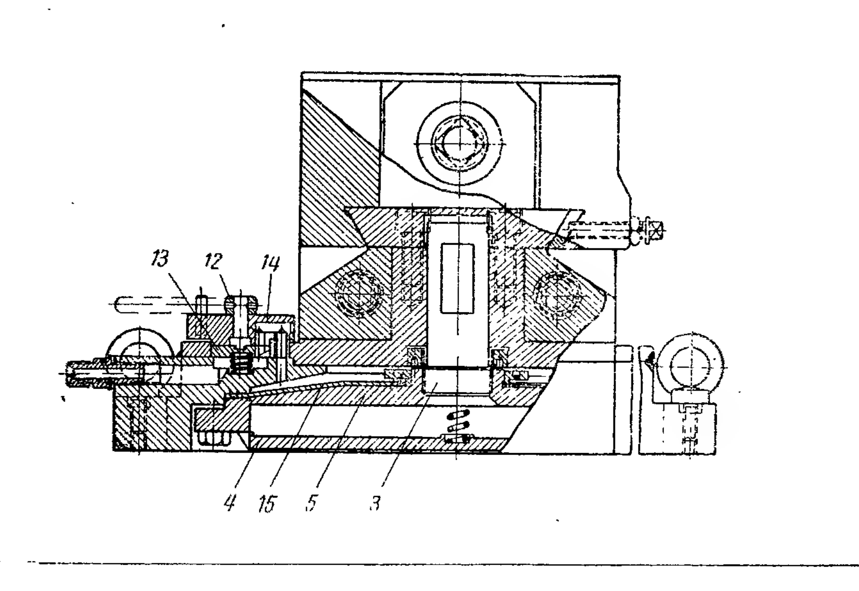


Рис. 8. Пневматические тиски для крепления коллекторных пластин при фрезеровании шлица



ходным отверстием во фланце *14*. Дальнейшее поступление воздуха из магистрали в это время прекращается. Возвращение подвижной губки после выхода воздуха из камеры производится пружинами *16* и *17*.

Сила зажима пневматических тисков для фрезерования шлицев в коллекторных пластинах составляет 3000—4000 *кг*.

Лужение шлица. Лужение производится в особых лудильных ваннах, путем погружения шлицованной части пластины в расплавленное олово. Процесс можно ускорить, если предварительно подогреть пластины до 120—150°С в специальных термостатах.

Чтобы защитить боковые поверхности пластин от лужения, их обмазывают мелом перед погружением в олово. Если, несмотря на эту меру предосторожности, к боковым поверхностям пластин все же пристанут отдельные капли олова, их счищают после припайки петушков.

При пользовании медно-фосфорными припоями к лужению коллекторных пластин не прибегают.

§ 4. Изготовление петушков и соединение их с коллекторными пластинами

Типовые конструкции петушков. В индивидуальном и мелкосерийном производстве крупных коллекторов применяют большое количество типоразмеров петушков. Рассмотрим их основные типовые конструкции.

Рис. 9. Двухслойные петушки с закрытыми головками:

а — с одной головкой для арочных коллекторов; б — с одной головкой для коллекторов с бандажными кольцами; в — со ступенчатой головкой; г — с двумя головками; д — с амортизацией (выгибка на хвостовой части); е — с одной головкой и контурной вырубкой заготовки; ж — с двумя головками и контурной вырубкой заготовки; з — со ступенчатой головкой и отогнутым концом

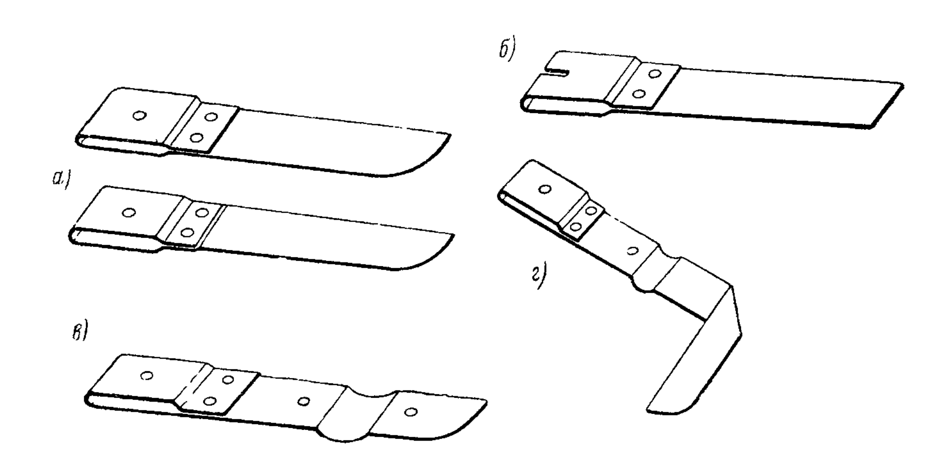


Рис. 10. Однослойные петушки с закрытыми головками:

а — с одной головкой для арочных коллекторов; б — с одной головкой для коллекторов с бандажными кольцами; в — с амортизацией; г — с амортизацией и отогнутым концом

Часто встречающаяся двухслойная конструкция петушков (рис. 9) имеет преимущества перед однослойной конструкцией (рис. 10) только в коллекторах с узкими пластинами, где расстояния между головками петушков малы. Применение однослойной конструкции для коротких петушков с узкими пластинами приводит к нежелательному уменьшению межпетушкового пространства, поскольку головки петушков здесь полнее на толщину одного слоя меди.

В крупных электрических машинах для прокатных станов, где применяются длинные прямые петушки, а также петушки с закруглением, компенсирующим тепловое удлинение (рис. 9, *д* и 10, *в*), следует придерживаться однослойной конструкции. Известно, что поперечные сдвиги и продольный изгиб в промежутке между заклепками или заменяющими их пайками ПМФ7 приводят к тому, что двухслойные длинные петушки требуют постоянных подрихтовок, которые ухудшают вид готового коллектора.

Однослойная конструкция петушков должна применяться во всех коллекторах, за исключением тех, которые имеют узкие пластины и короткие петушки, а также петушки со сдвинутыми головками, при изготовлении которых применяется симметричная вырубка заготовки.

В коллекторах с короткими петушками, где последующая пайка с якорной обмоткой может повлечь за собой распайку петушков в пластинах, следует применять двухслойную конструкцию со сдвигом головки, как показано на рис. 9, *е* и *ж*. Сдвиг головки может быть весьма полезен в некоторых якорях с принудительной осевой вентиляцией, поскольку он создает лучшие условия для прохождения воздуха между петушками.

Коллекторы старой конструкции с двухслойными петушками со сдвинутыми головками и отогнутыми концами (рис. 9, *з*) все еще находят себе применение. Между тем, удвоенная толщина меди в месте перегиба петушка приводит к его загрязнению, а коллектор с отогнутыми концами петушков имеет неряшливый вид.

Петушки с открытыми головками (рис. 11, *а*) применяются в мелких машинах, главным образом серийного производства, при малом размере пластин и относительно небольших окружных скоростях якоря.

Петушки с открытыми головками просты в изготовлении и удобны для укладки якорной обмотки, так как ее концы не нужно заводить в головку петушка.

Однако петушки с открытыми головками не могут быть рекомендованы для крупных ответственных коллекторов. Дело в том, что загибка концов внахлестку утолщает головки петушков на один слой ленты и не обеспечивает их радиального расположения, как это имеет место в петушках с закрытой головкой.

Старая конструкция петушков с полуоткрытой головкой, загнутых на ребро (рис. 11, *б*), применяется для соединения их с уравнительной или так называемой эвольвентной обмоткой. Такие петушки не технологичны и поэтому там, где это возможно, соединение

уравнительной обмотки целесообразнее перенести на противоположную коллектору сторону якоря.

Отрезка и вырубка заготовок петушков. Петушки изготовляют главным образом из ленточной меди различных сечений (ГОСТ 434-53), нормализованные размеры которой были приведены в табл. 3.

Исключеием являются петушки с контурной вырубкой заготовки (рис. 9, *е* и *ж*) и петушки, загнутые на ребро с полуоткрытой головкой (рис. 11, *б*). Заготовки для них вырубают или вырезают из раскроя листовой меди (ГОСТ 495-50).

Вырубку заготовок для петушков всех конструкций обычно производят на эксцентриковом прессе с помощью простого универсаль-

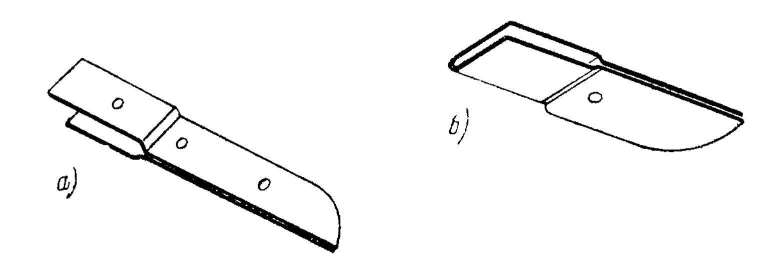


Рис. 11. Двухслойные петушки с открытой и полуоткрытой головками:

а — с открытой головкой; б — загнутый на ребро, с полуоткрытой головкой

ного штампа (рис. 12). Он состоит из верхней части *1*, пуансонодержателя *2*, пуансона *3*, нижней части *4* и матрицы *5*. Для получения заготовки требуемой длины на штампе установлена линейка *6* с миллиметровыми делениями и с передвигающимся по линейке упором *7*.

Бухту ленточной меди устанавливают около пресса на свободно вращающемся барабане *9*, находящемся на основании *8*. На этом же штампе режут из раскроя листовой меди заготовки для открытых и загнутых на ребро петушков.

Более прогрессивной является конструкция универсального штампа, показанная на рис. 13.

Штамп обеспечивает одновременно с отрезкой очередной заготовки петушка вырубку шлица или отверстий в другой, последующей заготовке.

На нижнем основании *1* находятся три двухколоночных штампа, которые по миллиметровой линейке могут быть установлены на требуемом расстоянии друг от друга. Два одинаковых штампа для вырубки отверстий состоят из верхней части *2*, пуансона *3* и нижней части *4* с матрицами *5* и съемниками *6*. Для установки ленточной меди по ширине предусмотрены специальные регулируемые на-

правляющие *7*. Штамп для отрезки заготовок состоит из верхней части *8*, пуансона *9*, нижней части *10* и матрицы *11* на ней. К нижней части этого штампа прикреплена планка *12* с передвижным упором *13*. Одновременную работу штампов обеспечивает общий пуансон *14*.

Для вырубки из раскроя листовой меди заготовок петушков со сдвинутыми головками применяют двухколоночный вырубной штамп

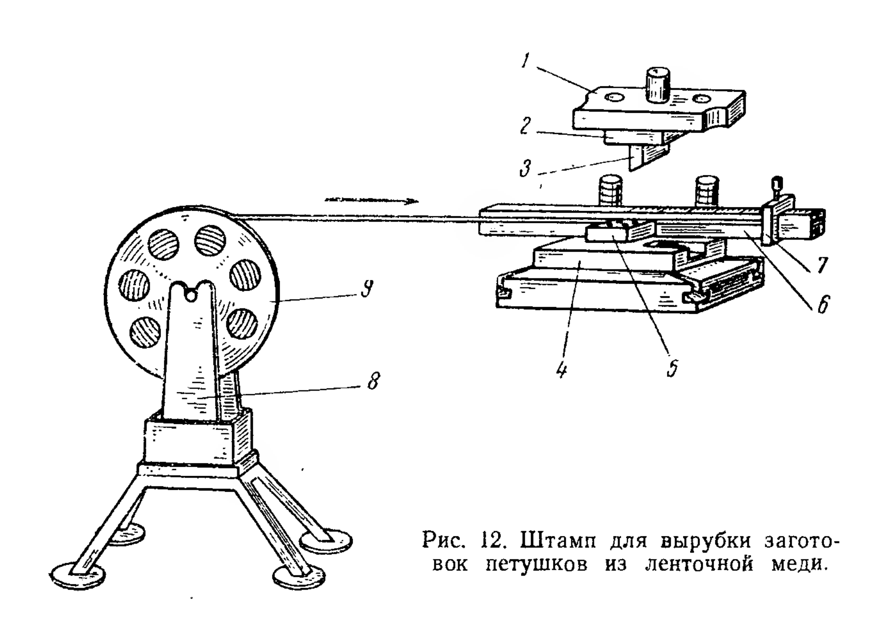


Рис. 12. Штамп для вырубки заготовок петушков из ленточной меди.

(рис. 14). Штамп состоит из верхнего основания *1*, пуансонодержателя *2*, составного пуансона *3*, нижнего основания *4*, составной матрицы *5*, сбрасывателя *6* с пружинами *7* и, наконец, резиновой подушки *8*.

Пуансоны *9* и *10* обеспечивают одновременную вырубку петушка по контуру, двух отверстий, а также шлица по середине петушка. Полосу для последней вырубки устанавливают по вырубленному контуру посредством фиксаторов *11*.

Гибка петушков. В многолетней практике сложились два принципиально различных способа гибки петушков. Применение того или другого способа зависит от характера производства, размеров петушков и их формы.

В индивидуальном и мелкосерийном производстве электрических машин заготовку петушка, отрезанную по длине, сначала загибают по середине, а затем уже придают головке требуемую окончательную форму. Такой способ применяют главным образом для средних и длинных двухслойных петушков. Он позволяет значительно упростить конструкцию штампов и уменьшить их габариты.

В крупносерийном и массовом производстве электрических машин применяют другую технологию гибки коротких и средних петушков и хомутиков: сначала штампуют развернутый профиль, а затем загибают его по середине. Этот способ более прогрессивен, так как позволяет совместить две гибочные операции в одном штампе и благодаря этому полностью изготовлять петушки и хомутики за один удар. Пользуются указанным способом также при изготовлении петушков более сложных конструкций.

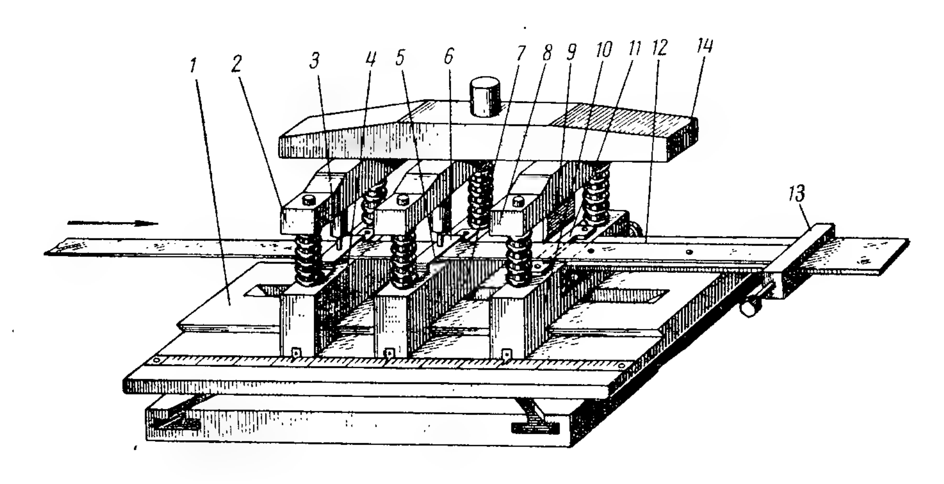


Рис. 13. Комбинированный штамп для одновременной отрезки одной заготовки петушка и вырубки отверстий в другой заготовке петушка

В зависимости от номенклатуры выпускаемых машин и объема производства для гибки петушков применяют различное оборудование.

В индивидуальном производстве используют настольные винтовые прессы мощностью 400—800 *кГ*. Они вытесняются в настоящее время более производительными пневматическими настольными прессами.

В крупносерийном производстве применяют эксцентриковые прессы малой мощности с установкой на них штампов, в которых предусматривается совмещение отдельных операций, а также штампов-полуавтоматов.

Начали находить себе применение и специальные автоматы для петушков.

На рис. 15 показан пневматический пресс новой конструкции. Он состоит из основания *1*, на котором закреплен цилиндр *2* с поршнем *3*, двух ручек *4*, рычага *5* и эксцентрика *6*, действующего на клапан *7* золотниковой коробки *8*. Для возвращения поршня в первоначальное положение в цилиндре установлена пружина *9*. Удар поршня от действия пружины воспринимается резиновой проклад-

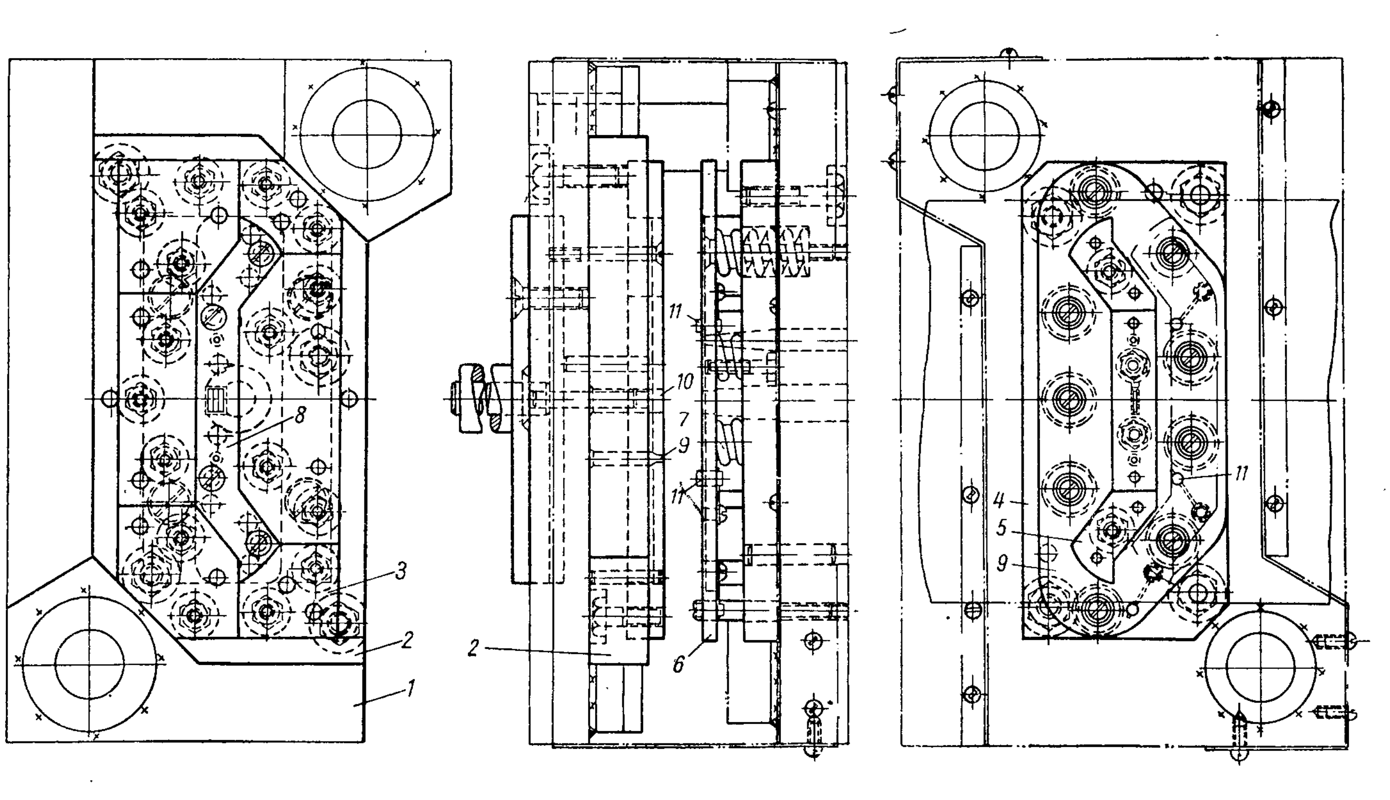


Рис. 14. Штамп для вырубки контура петушка

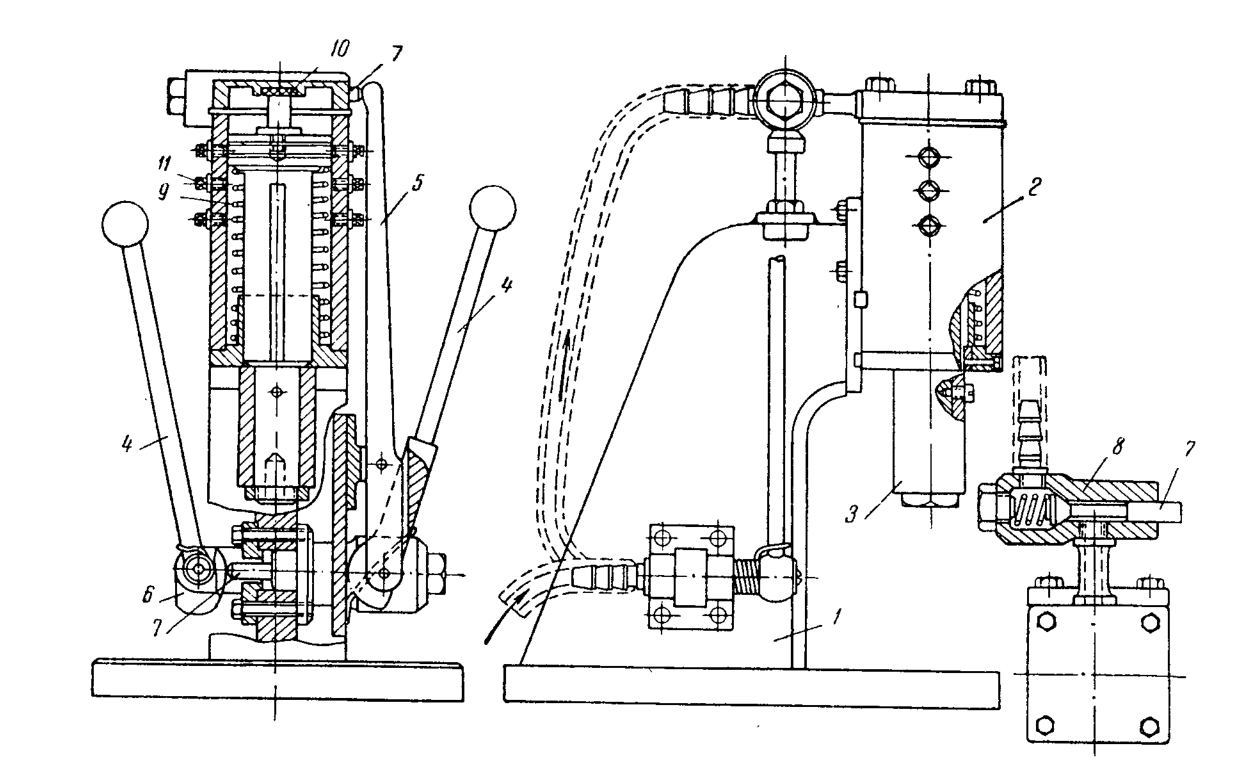


Рис. 15. Настольный пневматический пресс для гибки и клепки петушков

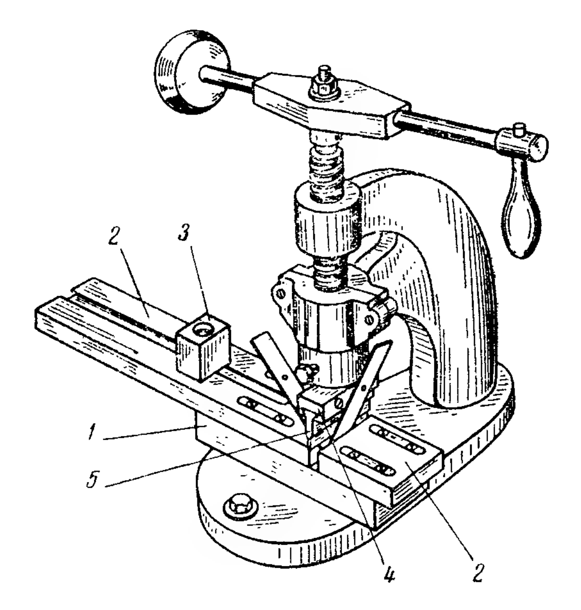


Рис. 16. Гибка петушков по середине на винтовом прессе

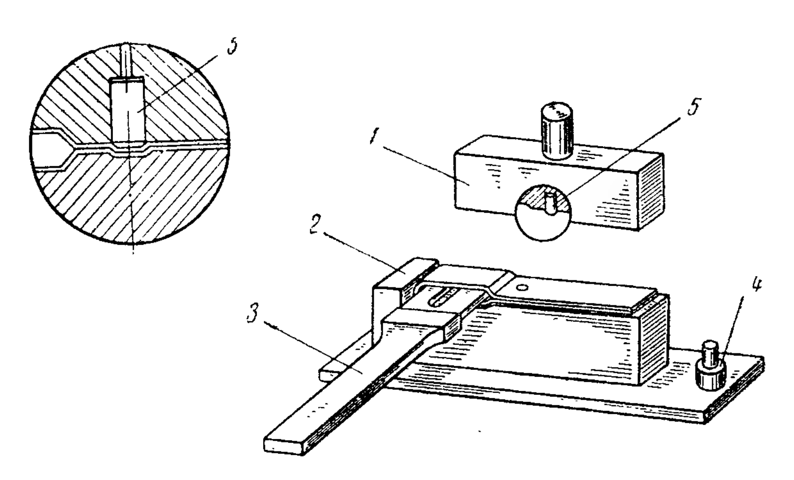


Рис. 17. Штамп для гибки петушков по всему профилю

кой *10*. Пресс данной конструкции легко перевести как на управление от одной рукоятки, так и на ножное управление. Чтобы перевести пресс с одноударной работы на многоударную (например при клепке), достаточно отвинтить специально предусмотренные для этой цели винты *11*. С открытием двух верхних винтов увеличивается до максимума частота колебаний поршня.

Рассмотрим штампы, применяемые для гибки типовых петушков.

Более простые двухслойные петушки проходят две гибочные операции: гибку заготовки по середине и гибку петушка по всему профилю. Первая операция производится на универсальном гибочном штампе с раздвижной матрицей (рис. 16). На нижнем основании *1* штампа находится раздвижная матрица *2*, на которой установлен передвижной упор *3*. Верхняя часть штампа состоит из пуансонодержателя *4* и сменных пуансонов *5*, выбираемых в зависимости от ширины головки петушка.

Для второй операции — гибки петушков по всему профилю — нужны особые штампы для каждого типоразмера петушка. Штамп (рис. 17) состоит из пуансона *1*, матрицы *2* и съемного калибра *3*; в нем имеется паз, через который пропускают стержень *4*, закрепленный на основании матрицы. Петушок снимают с калибра, передвигая его пазом по стержню *4*. При гибке головок некоторых петушков одновременно штампуют лунки, предназначенные для закладки кусочков припоя ПМФ7, что позволяет заменить клепку пайкой. Для этого в матрице делают углубление, а в верхнюю часть штампа запрессовывают пуансон *5*. Лунок может быть от одной до четырех, в зависимости от длины двухслойного петушка.

Как уже указывалось, для компенсации тепловых удлинений, возникающих при работе электрической машины, предусматривается гибка закругления в средней части некоторых длинных двухслойных петушков. Эту гибку производят одновременно с гибкой головки петушка. Штамп для обеих операций (рис. 18) имеет простую конструкцию. Он состоит из пуансона *1*, хвостовика *2*, матрицы *3* с основанием *4*, съемного калибра *5*, стержня для снятия петушков *6* и трех пуансонов *7* для штамповки лунок.

Более сложной операцией является гибка петушков со ступенчатой головкой или двумя закрытыми головками (рис. 9, *б* и *в*), применяющихся для якорей крупных электрических машин с уравнительной обмоткой. Сначала загибают головку, а уже затем сгибают петушок по середине. Чтобы избежать разрыва материала при гибке всего профиля головки за один удар пресса, под средний пуансон гибочного штампа положена резиновая прокладка (рис. 19). Таким образом, сначала загибают среднюю часть петушка, соответствующую большой головке, а затем — малую головку.

Открытые петушки (рис. 11, *а*) изготовляются различными способами. Наиболее простой из них, применяемый в индивидуальном и мелкосерийном производстве, состоит из следующих операций: отрезка заготовки из луженой ленточной меди; гибка заготовки на две части; штамповка отверстия под заклепку для соединения двух частей; клепка петушка; отрезка скоса для установки петушка

в шлиц коллекторной пластины; установка петушка в луженый шлиц пластины и сверление отверстий под заклепки; клепка петушка с пластиной; пайка петушка и пластины; зачистка коллекторной пластины после пайки; гибка открытой части петушка. Для гибки пе-

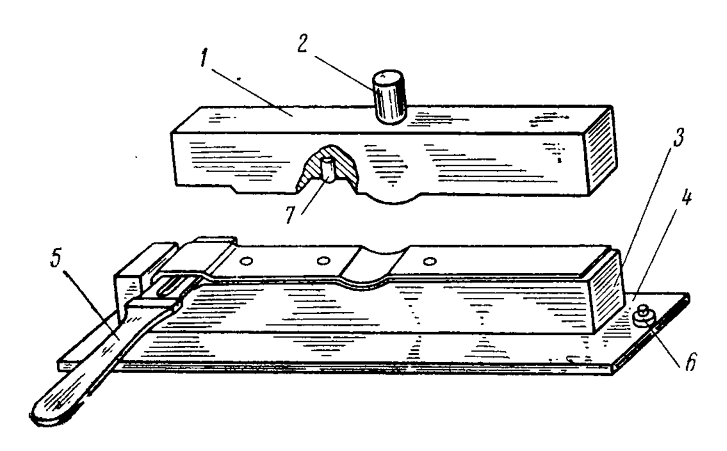


Рис. 18. Штамп для гибки профиля и закругления петушков

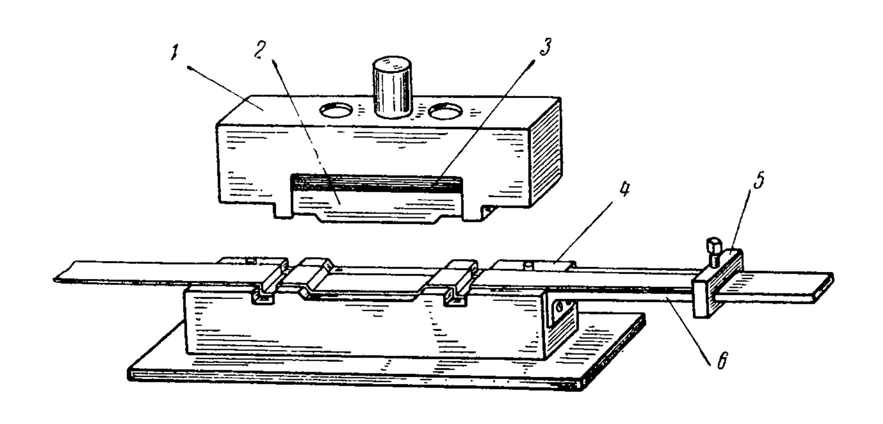


Рис. 19. Штамп для последовательной гибки головок петушков:

1 — пуансон; 2 — входящий в него средний пуансон; 3 — резиновая прокладка; 4 — матрица; 5 — упор; 6 — планка

тушка в пластине применяют рычажный штамп, показанный на рис. 20.

Что касается средних и длинных петушков с контурной вырубкой, применяемых в индивидуальном производстве, то их изготовляют по другому способу: сначала петушки загибают по середине,

а затем им придают окончательную форму. Штамп для гибки петушков по середине представлен на рис. 21.

Наличие в заготовке вырубленного радиуса заставляет более тщательно выверять фиксирующие планки штампа, чтобы обеспечить совпадение контура закруглений петушков после гибки. Штамп для окончательной гибки петушка показан на рис. 22.

Гибку открытых петушков, загнутых на ребро, производят за две операции. Во-первых, листовой раскрой заготовки загибают на ребро, для чего применяют штамп с широкой раздвижной матрицей (рис. 23); заготовку петушка ориентируют по упорной планке *4* и фиксирующим планкам *3*. Во время второй операции головке петушка придают окончательную форму с помощью штампа, конструкция которого представлена на рис. 24.

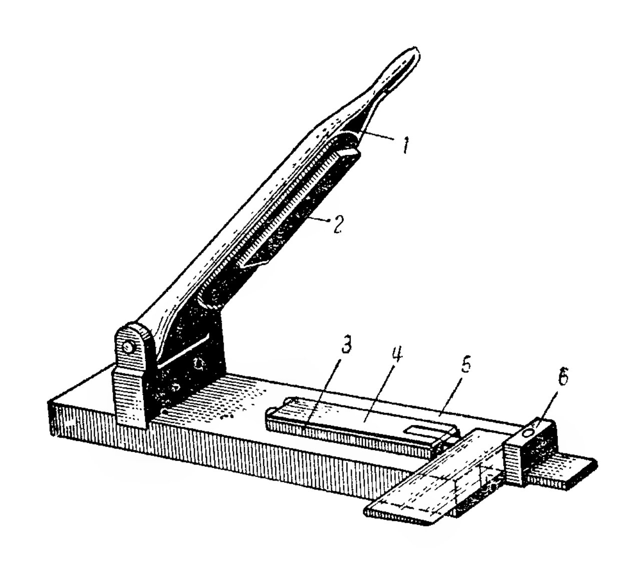


Рис. 20. Рычажный штамп для гибки открытых петушков:

1 — рычаг; 2 — пуансон; 3 — матрица; 4 — промежуточная пружинная планка толщиной 2 мм; 5 — основание штампа; 6 — передвижной упор

Гибка петушков, загнутых по плоскости под углом 90°, производится на гибочном штампе (рис. 25), у которого паз в матрице для входа пуансона расположен под углом 45° относительно продольной оси матрицы.

Рассмотренные конструкции гибочных штампов характерны для индивидуального производства крупных коллекторов. Здесь слесари-заготовители должны обладать опытом настройки большого количества универсальных и специальных штампов и других приспособлений, применяемых для изготовления петушков различных форм и размеров. Совершенствовать эту технологию следует, совмещая от-

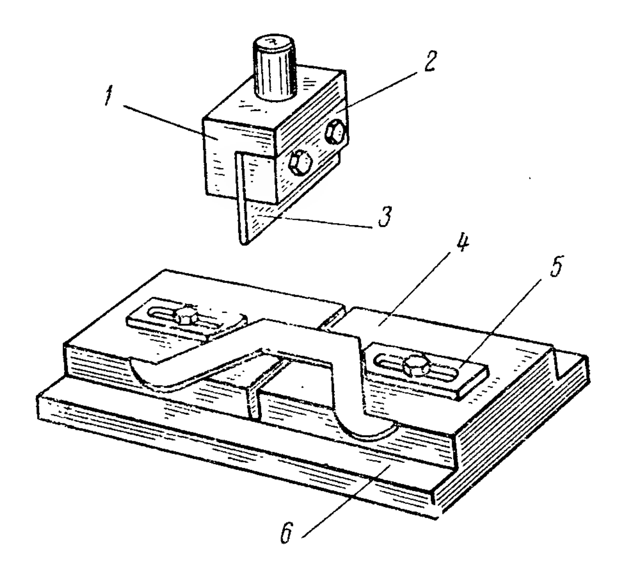


Рис. 21. Штамп для гибки по середине петушков с контурной вырубкой:

1 — пуансонодержатель; 2 — нрижимная планка; 3 — сменный пуансон; 4 — передвижная часть матрицы; 5 — фиксирующая планка; 6 — матрица

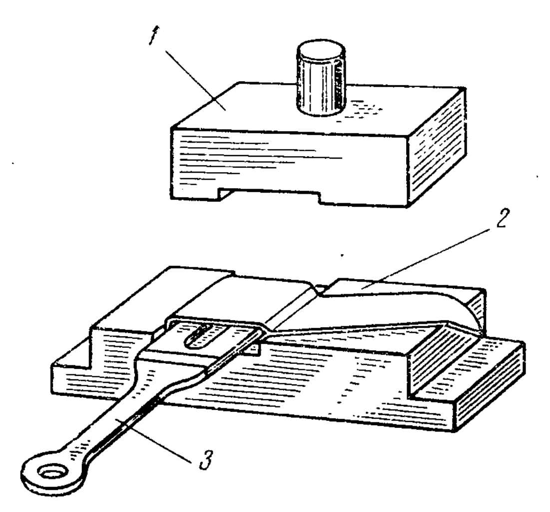


Рис. 22. Штамп для гибки по всему профилю петушков, вырубленных по контуру:

1 — пуансон; 2 — матрица; 3 — калибр

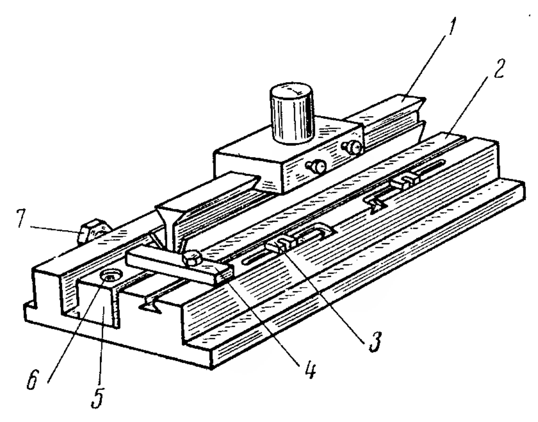


Рис. 23. Штамп для гибки открытых петушков на ребро:

1 — сменный пуансон; 2 — нижнее основание; 3 — фиксирующая планка; 4 — упорная планка; 5 — передвижная часть матрицы; 6 — болт, закрепляющий передвижную часть матрицы; 7 — болт для регулирования передвижной части матрицы

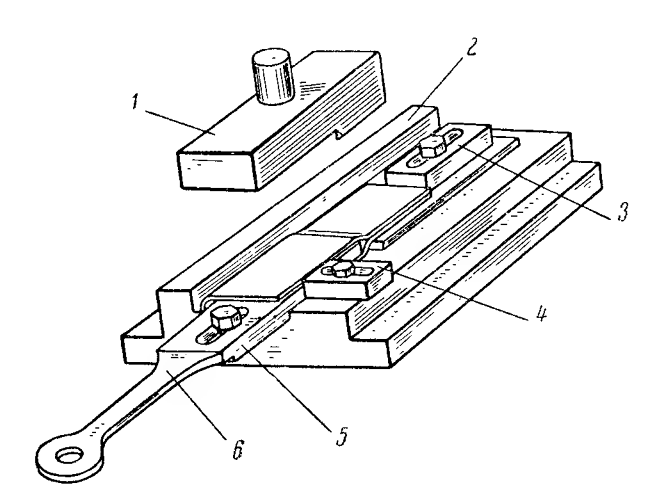


Рис. 24. Штамп для гибки открытых петушков по всему профилю:

1 — пуансон; 2 — матрица; 3 — упорная планка; 4 — направляющая планка; 5 — регулируемый упор на калибре; 6 — калибр

дельные операции и внедряя универсальную высокопроизводительную оснастку. По этому пути пошел слесарь завода «Электросила» И. И. Ковалев, предложивший штамп-полуавтомат для полного изготовления петушков. В этом штампе, уже внедренном в производство, удачно объединены отдельные операции и предусмотрено автоматическое сбрасывание готового петушка за каждый удар штампа. Продолжительная эксплуатация подтверждает полную целесообраз-

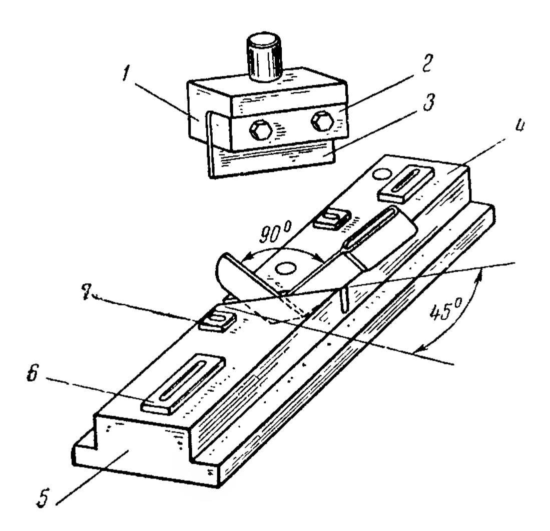


Рис. 25. Штамп для гибки хвостовой части петушков под углом 90°:

1 — основание пуансона; 2 — планка для крепления пуансона; 3 — сменный пуансон; 4 — подвижная часть матрицы; 5 — основание матрицы; 6 — упорная планка; 7 — направляющая планка

ность применения таких штампов в условиях серийного производства крупных электрических машин. Штампы эти могут служить для изготовления не только петушков, но и хомутиков.

Штамп-полуавтомат Ковалева показан на рис. 26. На нижнем основании *1* с подушкой *2* последовательно установлены матрица *3* для гибки профиля головки петушка с одновременной вырубкой шлица по середине и отрубкой другого петушка и гибочная матрица *4* для гибки головки по середине. На матрице *4* установлены упор *5* и корпус *6* сбрасывателя со сбрасывателем *7*, направляющими пальцами *8* и пружиной *9*. На верхнем основании *10* соответственно смонтированы гибочный пуансон *11* с вырубным пуансоном *12* и отрубным пуансоном *13*. Для передвижения гибочного пуансона относительно вырубных пуансонов при вырубке шлица и отрубке петушка служит резина *14*. Для гибки петушка по середине служат пуансон *15*, закрепленный на верхнем основании, и отжимной шток *16*.

Штампуют петушок следующим образом. Первый удар штампа производят при заведенной ленте, не доходящей до упора *5*; конец ленты должен переходить за отрубной пуансон *13*, после чего загнутая по профилю головка петушка со шлицем, вырубленным пуансоном *12*, передвигается от пуансона *11* к упору *5*. Вторым ударом штампа заготовку обрубают пуансоном *13* и загибают по середине пуансоном *15*. Одновременно производится гибка по профилю и

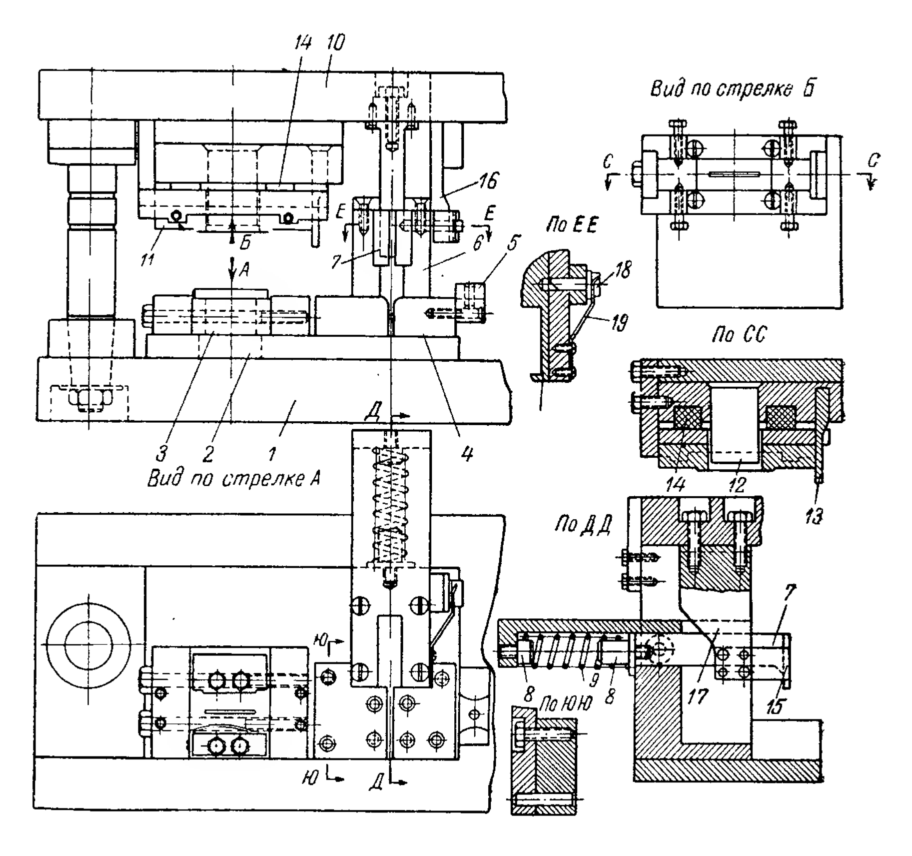


Рис. 26. Конструкция штампа-полуавтомата для вырубки и гибки петушков

вырубка шлица у последующей заготовки. Таким образом, за каждый удар штампа сбрасывается полностью изготовленный петушок.

В штампе оригинально решена конструкция механизма для сбрасывания петушка с использованием возвратно-поступательного движения верхней части штампа. Сбрасывание согнутого петушка с пуансона *15* происходит от копира *17*, который при опускании пуансона нажимает на пружину *9* и отводит сбрасыватель *7*. При поднятии пуансона *15* пружина возвращает сбрасыватель *7* в первоначальное положение, снимая петушок с пуансона.

Надежность и быстрота сбрасывания петушка обеспечивается наличием в корпусе сбрасывателя *6* фиксатора *18* с плоской пружиной *19*. Фиксатор задерживает при помощи сбрасывателя *7* заведенную пружину *9*; благодаря этому в начальный момент опускания пуансона фиксатор *17* выводится из лунки сбрасывателя (посредством копира в отжимном штоке *16*) и петушок сбрасывается усилием сжатой пружины *9*.

Имеется опыт автоматизации изготовления коллекторных петушков в крупносерийном производстве. Так, по предложению работников Ленинградского завода «Электрик» Г. А. Тарасенко, И. Б. Слуц-

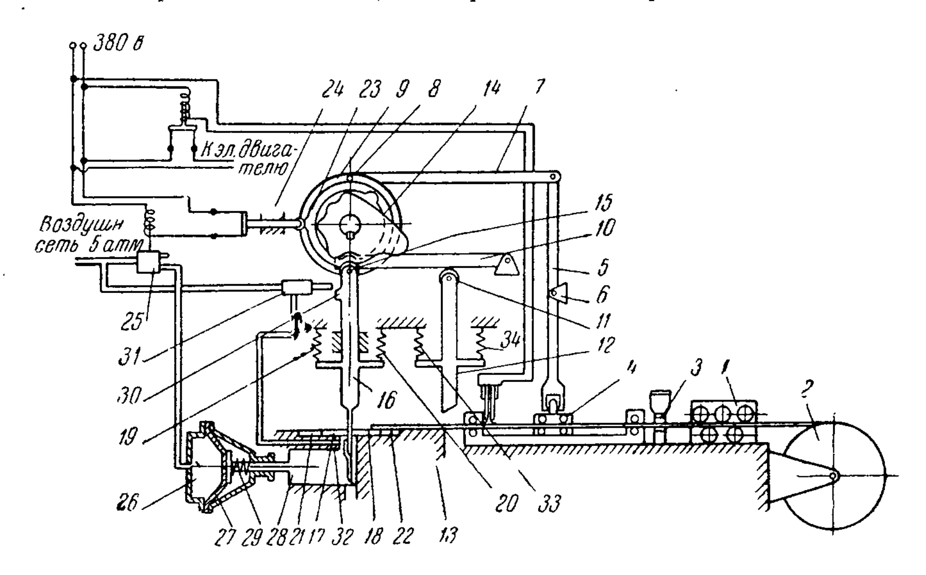


Рис. 27. Схема автомата для изготовления открытых петушков

кера и Д. П. Федючек[1] спроектирован и внедрен в производство автомат для изготовления открытых петушков (рис. 27).

В правильное устройство *1* поступает ленточная медь, установленная в бухте на барабан *2*. Приспособление *3* предназначено для очистки от грязи и смазывания ленты. Подающее устройство *4* получает возвратно-поступательное движение от рычага *5*, который качается на оси *6* с помощью шатуна *7*, конец которого насажен на палец *8* кривошипного механизма. Изменяя радиус окружности, описываемой пальцем *8*, можно изменить шаг подачи ленты за каждый ход подающего механизма. После перемещения ленты подающим механизмом на заданный шаг кулачок *9* нажимает своим выступом на рычаг *10*, который, воздействуя на ролик *11*, опускает обрубной пуансон *12* и обрубает ленту на матрице *13*. Вслед за этим кулачок *14*, нажимая на ролик *15* гибочного пуансона *16*, опускает его.

[1] МЭП, Серия «Новаторы производства», Лучшая комплексная бригада Ленинграда по изобретательству и рационализации, Москва, 1956.

Гибочный пуансон, опускаясь, проталкивает отрезанную ленту между ползушками *17* и *18,* скользящими по пазам матрицы.

После того, как гибочный пуансон *16* проходит свое нижнее положение и под действием пружин *19* и *20* поднимается вверх, загнутый петушок концами упирается в ползушки *17* и *18.* Последние, будучи прижаты пружинами *21* и *22* к пуансону *16,* стаскивают с него петушок.

Когда ролик гибочного пуансона, обкатываясь по кулачку, доходит до цилиндрического участка кривой, пуансон останавливается на заданной высоте. В это время кулачок *23* нажимает на ролик нормально разомкнутого концевого выключателя *24* и заставляет сработать воздушный клапан *25,* который подает сжатый воздух в камеру *26.* Воздух давит через резиновую мембрану *27* на формующий штемпель *28,* и последний придает петушку нужную форму.

Кулачок *23,* продолжая вращаться, перестает нажимать своим выступом на концевой выключатель и размыкает ток в цепи; электропневматический клапан перекрывает доступ воздуха из воздушной сети в камеру, резиновая мембрана перестает давить на формующий штемпель и он под действием пружины *29* возвращается в исходное положение.

Когда формующий штемпель начинает свое движение назад, а пуансон *16* начинает снова подниматься вверх, выступ *30,* прикрепленный к ползуну гибочного пуансона, нажимает на палец воздушного клапана *31* и открывает на некоторое время доступ сжатому воздуху из сети в канал матрицы *32.* Готовый петушок, будучи освобожден от гибочного пуансона и формующего штемпеля, проваливается под действием струи сжатого воздуха вниз и по специальной трубе попадает в ящик. Возврат отрезного пуансона в первоначальное положение осуществляется пружинами *33* и *34.*

Можно не сомневаться в том, что автоматизация производства петушков получит дальнейшее развитие. Следует, однако, иметь в виду, что если ожидается незначительная загрузка автоматов, то экономически целесообразней использовать более дешевые штампы-полуавтоматы, устанавливаемые на обычных эксцентриковых прессах, конструкция которых может быть дополнена механизмом подачи материала. Надо учитывать и то, что переналадка автомата на петушки различных размеров сложна, тогда как установка штампов-полуавтоматов на эксцентриковом прессе весьма проста и требует лишь регулирования механизма подач.

Клепка и пайка петушков. В настоящее время клепку петушков применяют шире пайки. Отверстия под заклепки сверлят на настольных сверлильных станках или вырубают простейшими универсальными вырубными штампами. Для клепки петушков применяют мелкие пневматические прессы (рис. 15).

Получает распространение и пайка петушков твердым припоем ПМФ7, которая производительнее клепки; кроме того при пайке отсутствуют выступающие заклепки в коллекторе и благодаря этому создаются необходимые межпетушковые пространства.

Вырубка закругления на петушках. Добиться того, чтобы вырубка закругления в хвостовике петушка была сделана правильно, можно только в том случае, если эта вырубка выполняется после гибки петушка и его клепки (или пайки твердым припоем). Если же закругления вырубают одновременно с отрезкой заготовок, то это неизбежно порождает разнодлинность хвостовых частей, в особенности у длинных двухслойных петушков, и усложняет штампы. Поэтому для радиусной обрубки загнутых петушков следует пользоваться универсальными штампами и не прибегать к совмещению вырубки закругления с отрезкой заготовки.

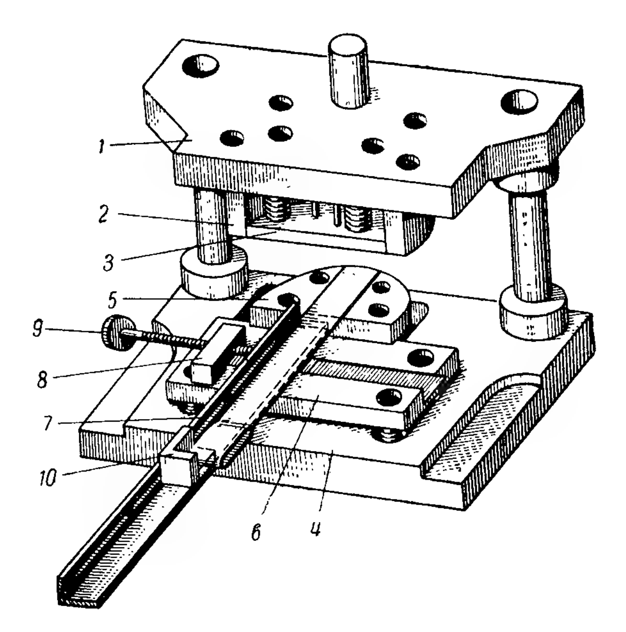


Рис. 28. Штамп для вырубки закругления в хвостовике петушка

Чтобы уменьшить парк штампов, следует при проектировании электрических машин постоянного тока максимально ограничивать число значений радиуса закругления петушков. Для петушков и коллекторных пластин рекомендуется применять радиусы закругления 60, 80 и 100 *мм*. Необходимо также иметь в виду, что вырубка закруглений в пластинах и петушках со значительными отступлениями от чертежа приводит к перерасходу припоя и понижает качество пайки.

На рис. 28 показана конструкция штампа для вырубки закругления в хвостовике петушка. На верхнем основании штампа *1* закреплены радиусный пуансон *2* и сбрасыватель *3*. На нижнем основании *4* установлены радиусная матрица *5* и регулируемая приставка *6*, которая может быть опущена на необходимое расстояние, связанное с переточкой матрицы. Вдоль приставки по пазу передви-

гается направляющий угольник *7*, который устанавливается соответственно расположению на хвостовике петушка радиуса закругления. Передвижение угольника осуществляется через планку *8* с внутренней резьбой и винт *9*, конец которого заделан в ползуне угольника. На планке имеется передвижной упор *10*, позволяющий устанавливать на угольник петушки различной длины.

Соединение петушков с пластинами. После лужения петушок и пластину соединяют друг с другом на универсальном приспособлении — угольнике (рис. 29). Приспособление позволяет устанавливать петушок относительно пластины на заданную длину и на угол 90°, после чего пластину с установленным в ней петушком снимают с угольника и передают на сверление отверстий под заклепки.

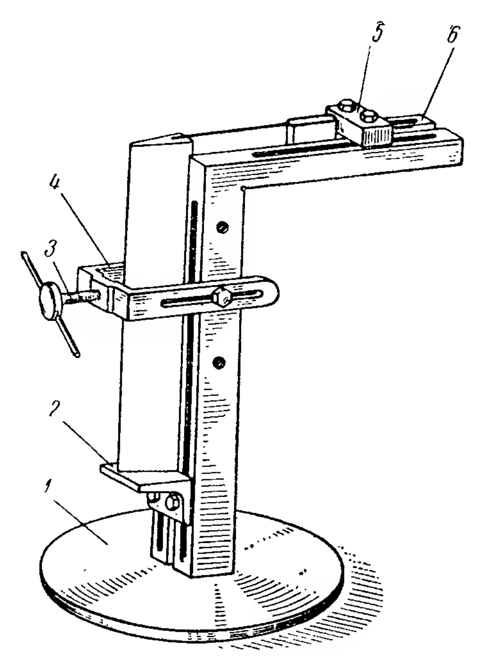


Рис. 29. Угольник для установки петушка в шлиц пластины:

1 — основание; 2 — передвижная опорная площадка; 3 — винт для крепления коллекторной пластины; 4 — скоба; 5 — передвижная упорная планка; 6 — угольник

Не исключено, что во время сверления отверстий петушок будет сдвинут относительно пластины. Чтобы избежать этого, на заводе «Электросила» внедрено универсальное качающееся приспособление (рис. 30) к настольному сверлильному станку. Приспособление служит для фиксации петушка относительно пластины, а также для сверления отверстий по заданным координатам. Основание *1* устанавливают на столе станка по фиксирующему выступу и закрепляют. Верхняя качающаяся плита *2* поворачивается вокруг пальца *3*,

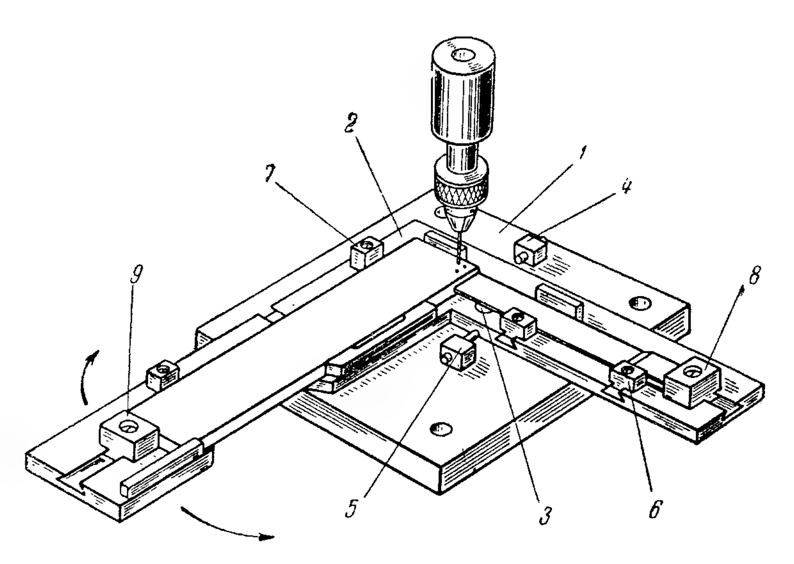


Рис. 30. Универсальное качающееся приспособление для сверления отверстий под заклепки в пластине и в петушке

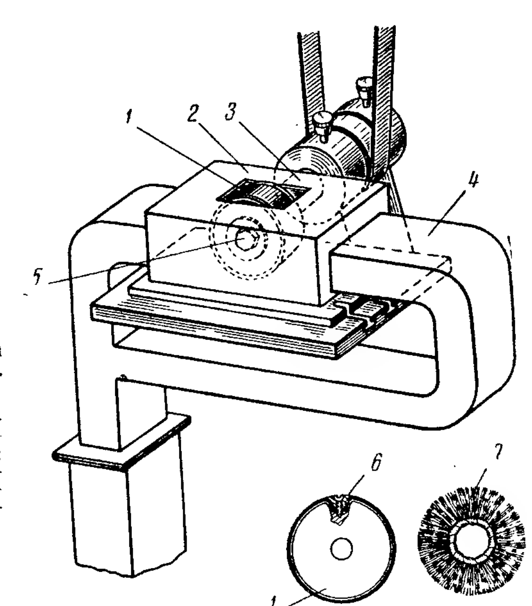


Рис. 31. Установка для чистки коллекторных пластин:
1 — барабан; 2 — коробка; 3 — шпиндель; 4 — вытяжная вентиляция; 5 — гайка крепления барабана; 6 — планка крепления наждачного полотна; 7 — кардщетка

установленного в нижней плите. Величину качания регулируют упорами *4* и *5*. Положение пластины и петушка определяется передвижными направляющими *6* и *7*, а также упорами *8* и *9*.

Приклепку петушков к пластинам производят на пневматических прессах, а иногда и ручным способом. Затем пластины с приклепанными к ним петушками передают на пайку, выполняемую в электрической ванне, а затем на зачистку. Последнюю осуществляют на специальной установке (рис. 31) посредством наждачного полотна, закрепленного на барабане прижимной планкой. На барабан под наждачное полотно рекомендуется наклеивать фетр или войлок. На некоторых заводах вместо наждачного полотна используют наждачную пыль, которую наклеивают на войлочный круг с помощью жидкого стекла. Иногда для чистки коллекторных пластин применяют кардщетки, хотя они и не дают требуемой чистоты поверхности.

§ 5. Припои

В зависимости от температуры плавления припои подразделяются на мягкие, промежуточные и твердые. Температура плавления мягких припоев — до 300°С, твердых — выше 700°С.

В принятой системе обозначение припоев состоит из букв и цифр. Буквы обозначают: П — припой, О — олово, С — свинец и сурьма, Кд — кадмий, Ср — серебро, Ф — фосфор; цифры, стоящие после букв, показывают процентное содержание важнейших составных элементов. Например, оловянно-свинцовый припой с содержанием 30% олова обозначается ПОС30.

Данные по оловянно-свинцовым припоям взяты из ГОСТ 1499-54, по серебряным — из ГОСТ 8190-56. По остальным припоям приведены заводские данные.

В табл. 4 показаны химический состав и физические свойства припоев, применяющихся на заводе «Электросила».

При значительном превышении температур по сравнению с указанными в табл. 4, в припое происходит интенсивное растворение меди. Естественный угар олова и свинца и растворение меди в лудильной ванне могут привести к тому, что химический состав оловянно-свинцовых припоев, находящихся в этих ваннах, будет отличаться от табличных данных. Допустимым считается следующее понижение содержания олова в лудильных ваннах: по припоям ПОС30, ПОС40 и ПОС18 — на 2%, по припою ПОС61 — на 1% против табличных данных. Если отклонения превышают указанные пределы, необходима подшихтовка ванны на основании химического анализа.

Химический анализ средней пробы выполняется по ГОСТ 1429-42.

Оловянно-свинцовые припои изготавливают из олова О-4 (ГОСТ 860-41) и свинца С-3 (ГОСТ 3778-47); для оловянно-кадмиево-свинцового припоя нужен, кроме того, кадмий Кд-3 (ГОСТ 859-41).

Оловянно-свинцовые припои поступают на заводы-потребители в виде чушек и прутков диаметром от 5 до 8 *мм* и длиной от 2 до 5 *м*, а также в виде проволоки диаметром от 1,8 до 2 *мм;* серебряные — в виде прутков диаметром от 2 до 3 *мм,* листа или ленты. Медно-фосфорный припой ПМФ7 бывает в чушках, которые отливаются затем в прутки диаметром от 4 до 8 *мм* или в пластины, в последующем подвергающиеся прокатке до толщины 0,4 *мм*, либо в порошке, полученном из стружки. Что касается медно-серебряно-фосфорного припоя ПМСрФ15-5, то его присылают листами толщиной 0,3—0,4 *мм*.

Завод «Электросила» изготавливает оловянно-кадмиево-свинцовый припой ПОКдС50-18, свинцово-серебряный припой ПССр3 и оловянно-свинцово-серебряный припой ПОССр6-3 в форме прутков диаметром до 6 *мм* или же в виде пластинок.

В табл. 5 указаны механические свойства припоев и паяных соединений. По паяным соединениям приведены данные лаборатории металлов завода «Электросила».

Для пайки коллекторных пластин и петушков в машинах, выполняемых по классу изоляции А, применяют в основном мягкие оловянно-свинцовые припои ПОС30, ПОС40 и ПОС61. Для машин на кремнийорганической изоляции обычно применяют промежуточные и твердые припои.

Практикой установлены следующие нормы расходования оловянно-свинцовых припоев: 0,03 *г/см*^{2} облуживаемой поверхности для горячего лужения петушков и хомутиков; 0,6 *г/см*^{2} поверхности шлица для пайки пластин с петушками в ванне. Расход припоев ПМФ7 и ПМСрФ15-5 при пайке коллекторных пластин с петушками можно принять равным 0,8 *г/см*^{2} поверхности шлица.

При пайке оловянно-свинцовыми припоями пользуются флюсом — твердой или же растворенной в спирто-ксилольной смеси канифолью. Пайку припоями ПМФ7 и ПМСрФ15-5 производят без флюса.

Ванна для припоев. Расплавление мягких и промежуточных припоев для лужения и пайки происходит в индукционных ваннах (рис. 32). Конструкция их отличается простотой, но не свободна от одного существенного недостатка — шума во время работы. Чтобы частично устранить шум, следует настроить ванну относительно железа сердечников, т. е. отрегулировать минимальный зазор между правильно и чисто обработанными плоскостями соединения.

Промежуточные припои, содержащие свинцовую основу, применяют редко, что объясняется их плохим проникновением в зазоры при пайке. Особенно трудно достигнуть положительных результатов

Наименование припоя	Марка	Химический: олово Sn	сурьма Sb	свинец Pb	цинк Zn	медь Cu	фосфор P
							Мягкие
Оловянно-свинцовый	ПОС61	60—62	⩽0,3	Остальное	—	⩽ 0,1	—
То же	ПОС40	39—40	1,5 — 2,0		—	⩽ 0,1	—
» »	ПОС30	29—30	1,5 — 2,0		—	⩽ 0,15	—
» »	ПОС18	17—18	2,0 — 2,5		—	⩽ 0,15	—
Оловянно-свинцово-сурьмяный .	ПОСС4-6	3—4	5 — 6		—	—	—
Оловянно-кадмиево-свинцовый .	ПОК$_д$С50-18	49—51	—		—	—	—
							Промежуточные
Свинцово-серебряный	ПСС$_р$3	—	—	Остальное	—	—	—
Оловянно-свинцово-серебряный .	ПОСС$_р$6-3	5 — 7	—		—	—	—
							Твердые
Медно-фосфорный	ПМФ7	—	—	—	—	Остальное	7,8
Медно-серебряно-фосфорный . .	ПМС$_р$Ф15-5	—	—	—	—	80,2	4,8
Серебряный . . .	ПС$_р$45	—	—	0,3	Остальное	29,5—30,5	—
То же	ПС$_р$70	—	—	0,3		25,5—26,5	—

в соединениях с плотной пригонкой. По зарубежным данным[1] коэффициент распространения[2] у припоев с высоким содержанием свинца типа ПССр3 в пять раз меньше, чем у обычных оловянно-свинцовых припоев. Плохо и то, что места соединения, ранее запаянные припоями с высоким содержанием свинца, плохо поддаются подпайке из-за окисления свинца. Это мешает ремонту обмотки и коллекторов. Поэтому указанные припои можно рекомендовать для менее ответственных работ с неглубокими пайками и значительными зазорами, доступными для обозрения.

[1] Д. Стокдел, Структура свинцово-оловянистых сплавов, Journal of Institute of Metals, 1932, т. 49, стр. 267. Ронс и Андерсон, Заменители мягких припоев, Metals a. Allous, 1941, ноябрь, стр. 704—711.

[2] Коэффициентом распространения считается площадь чистой меди в квадратных сантиметрах, покрываемая при полном расплавлении 1 *г* припоя.

и физические свойства припоев

состав, %		примеси % (не более)						Удельный вес, *г/см³*	Температура расплавления, °С		Максимальная температура лудильной ванны, °С
серебро Ag	кадмий Cd	всего	в том числе висмут Bi	мышьяк As	железо Fe	сера S			начало	конец	
припои											
—	—	0,20	0,06	0,05	—	—	8,4	183	195	240 — 250
—	—	0,25	0,1	0,05	—	—	9,3	183	235	290 — 300
—	—	0,3	0,1	0,05	—	—	9,7	183	256	300 — 310
—	—	0,3	0,1	0,05	—	—	10,2	183	277	320 — 330
—	—	0,3	0,1	0,05	—	—	10,7	245	265	310 — 320
—	17—19	0,5	0,1	0,05	—	—	8,5	142	145	210 — 220
припои											
2,8 — 3,3	—	0,5	—	—	—	Следы	11,1	304	330	380 — 400
2,5 — 3,0	—	0,5	—	—	—	Следы	10,9	300	345	390 — 400
припои											
—	—	—	—	—	—	—	8,0	710	810	—
15	—	—	—	—	—	—	8,3	635	710	—
44,5—45,5	—	0,5	—	—	—	—	9,3	660	725	—
69,5—70,5	—	0,5	—	—	—	—	9,8	730	755	—

Изготовление медно-фосфорного припоя. Для плавления медно-фосфорного припоя с успехом применяют высокочастотные установки ЛГПЗ-60 мощностью 60 *квт* и частотой 200—300 *кгц* (рис. 33). Плавление припоя производится на стационарном плавильном контуре. В съемном поворотном каркасе *1* устанавливают графитовый тигель *2*, на наружной поверхности которого имеется спиральный контур *3*, соединенный одним концом с водопроводным шлангом *4*, а другим — с отводящим шлангом *5*.

В тигель объемом до 50 *кг* закладывают лигатуру медно-фосфорного припоя (в виде чушек). Плавление токами высокой частоты длится 40—50 мин. Затем расплавленный припой переливают из тигля в графитовый ковш *6*, для чего каркас *1* наклоняют относительно оси поворота *7* посредством ручки *8* или лебедки, связанной с крючками *9*. Перед разливкой из дна ковша *6* выбивают пробку.

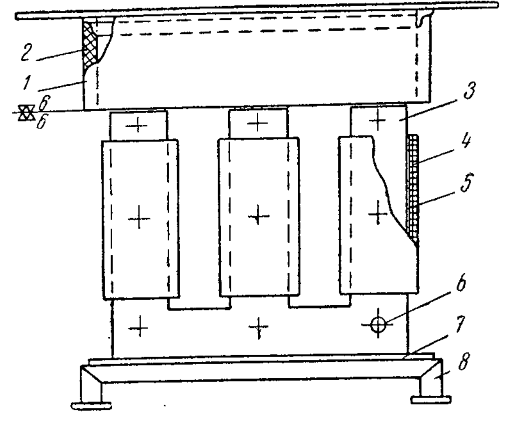


Рис. 32. Индукционная лудильная ванна
1 — корпус; 2 — теплоизоляция из асбеста и жидкого стекла; 3 — железо сердечника; 4 — обмотка катушки; 5 — миканитовая изоляция между обмоткой и сердечником; 6 — шпильки с гайками, соединяющие штампованные листы сердечника; 7 — изоляционная прокладка; 8 — подставка для сердечника

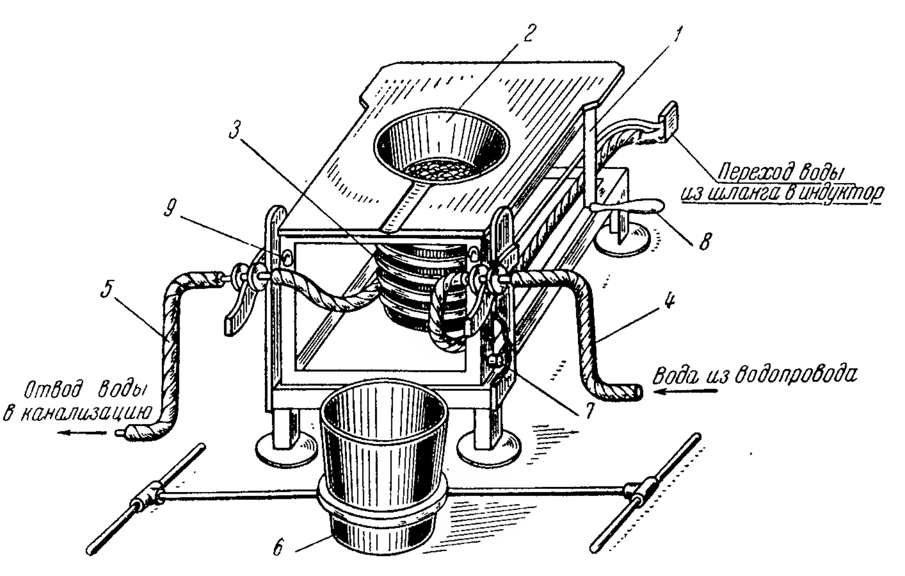


Рис. 33. Высокочастотная установка для плавления медно-фосфорного припоя

Таблица 5

Механические свойства припоев и паяиых соедииеиий

Марка припоя	Окраска припоя	Механические свойства: припои: предел прочности при растяжении $\sigma_{вр}$, *кг/мм²*	относительное удлинение δ, %	предел прочности при срезе $\sigma_{в\ ср}$, *кг/мм²*	твердость $H_Б$, *кг/мм²*	паяные соедииения в стык: предел прочности при растяжении $\sigma_{вр}$, *кг/мм²*: медь	латунь
ПОС61	Желтая	4,9	18	—	12-14	9,7-10,9	—
ПОС40	Красная	3,3	62	3,6	12,6	7,8	8,0
ПОС30	Синяя	3,2	58	2,9	10,1	9,1	8,8
ПОС18	Зеленая	2,8	67	2,5	10,5	9,0	9,7
ПОСС4-6	Оранжевая	5,8	14	3,6	15,0	—	7,7
П КДС50-18	Черная	—	—	—	—	—	—
ПССр3	Голубая	3,5	—	—		11,3	—
ПОССр6-3	Белая и красная полоски	3,5-4,0	26	—		—	—
ПМФ7	Белая	43,0	—	—	—	10,0	14,0
ПМСрФ15-5	Не окрашивается	60	—	—	—	—	—
ПСр45	Синяя и красная полоски	—	—	—	—	15,5-22,0	25,0—32,0
ПСр70	Черная и белая полоски	—	—	—	—	18,0-23,0	—

Разливают жидкий припой либо в опоки с отформованными в них каналами, если желательно получить пластины, либо в открытые желобы или угловое железо, если нужны прутки.

Из пластин размером $3 \times 20 \times 150$ *мм,* отлитых только что описанным способом, изготавливают тонкую ленту-припой. Для этого пластины нагревают в электропечи до 550—600°С и дважды пропускают через вальцы прокатного стана (рис. 34).

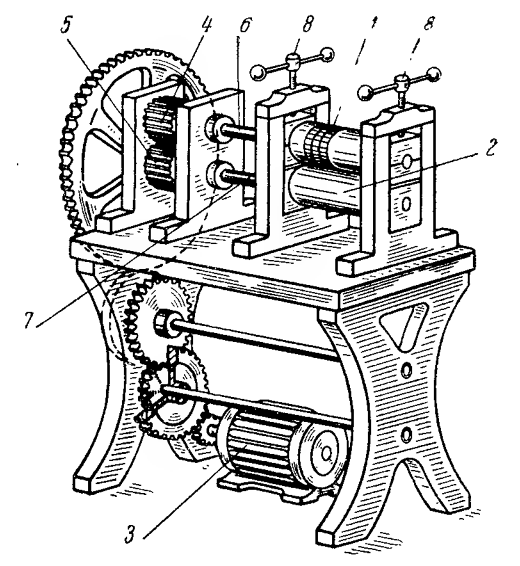


Рис. 34. Двухвалковый прокатный стан для изготовления ленты из припоев

Желательно, чтобы лента припоя имела вафельную насечку. Это способствует получению легко отделяемых от ленты равновеликих кусочков припоя. С этой целью на верхнем регулируемом валике *1* предусматривают участки с кольцевыми и поперечными выступами.

Валики *1* и *2* диаметром 120 *мм* (18 *об/мин*) приводятся в действие от электродвигателя *3* через систему шестерен *4* и *5* и промежуточных валиков *6* и *7*, имеющих квадратные концы и свободно сидящих в квадратных гнездах. Регулирование зазора между валиками *1* и *2* производится винтами *8*.

Двухвалковый стан используется не только для прокатки припоя ПМФ7; на нем с успехом прокатывают также все мягкие и промежуточные припои.

§ 6. Пайка твердыми припоями

Перевод электрических машин на кремнийорганическую изоляцию заставил применить в некоторых соединениях обмоток, а также при изготовлении коллекторов, твердые припои. Производственный опыт, приобретенный за последние годы, и многочисленные иссле-

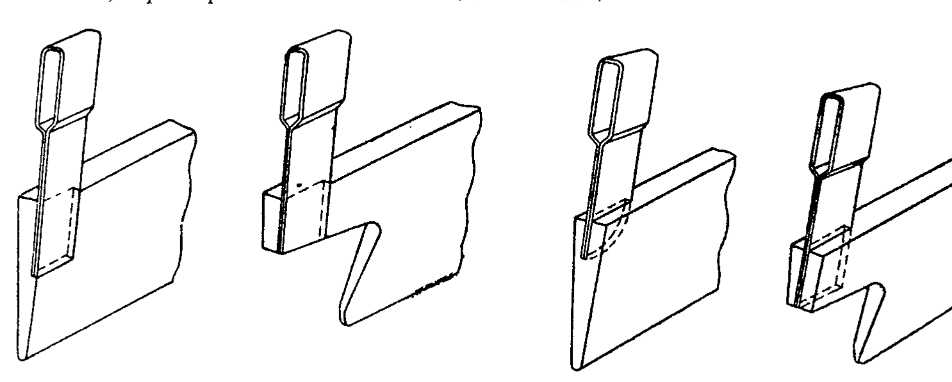


Рис. 35. Боковая припайка петушка к пластине

Рис. 36. Впайка петушка в глубокий шлиц пластины

дования подтвердили, что медно-фосфорный припой ПМФ7 обладает более высокой температурой плавления и большей механической прочностью при работе соединения на срез, чем оловянно-свинцовые припои. Последнее из этих свойств особенно важно для соединения петушков с коллекторными пластинами.

Присутствие фосфора придает припою жидкотекучесть и способствует хорошему заполнению мест пайки. Переходное сопротивление в местах пайки у припоя ПМФ7 не выше, чем у оловянно-свинцовых припоев.

Рассмотрим наиболее распространенные конструкции соединений петушков с коллекторными пластинами. Соединение, показанное на рис. 35, имеет серьезные недостатки:

а) большая площадь пайки, совершенно излишняя с точки зрения механической прочности соединения, требует продолжительного нагрева, что усиливает нежелательный отжиг меди;

б) возможно несовпадение боковых поверхностей петушка и коллекторной пластины, создающее в этих местах различное давле-

ние на коллекторный миканит и приводящее к образованию щелей — очагов загрязнения коллектора.

Глубокие шлицы для вставки петушков (рис. 36) также не могут быть рекомендованы, так как обеспечить наличие припоя на большой глубине можно лишь продолжительным нагревом, а он, как уже было упомянуто, вызывает распространение отжига меди по площади пластины.

Работники завода «Электросила» Б. А. Егоров и Г. Н. Пономарев предложили и внедрили в производство новую конструкцию соединения для пайки твердыми припоями (рис. 37). Она отличается

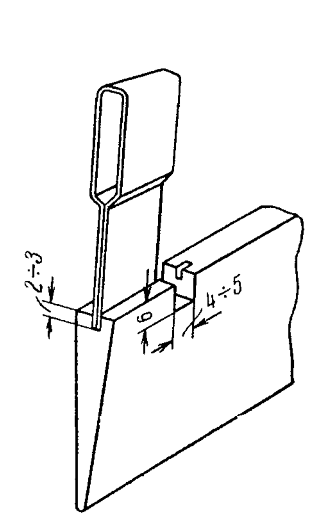


Рис. 37. Впайка петушка в мелкий шлиц пластины

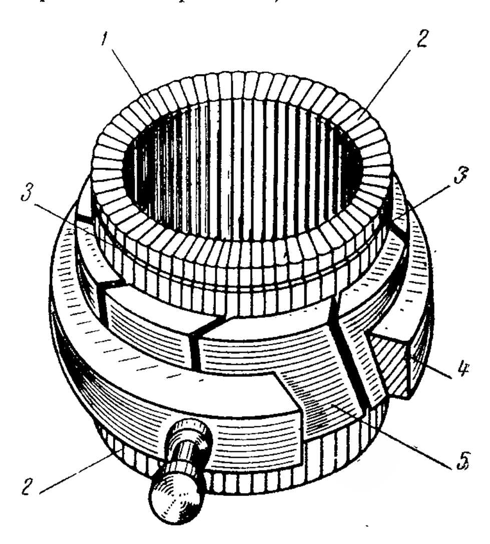


Рис. 38. Схема предварительной сборки пластин для обработки торцов и теплоизолирующей канавки:
1 — коллекторная пластина; 2 — картонная прокладка между пластинами; 3 — теплоизолирующая канавка; 4 — прессовочное кольцо; 5 — сегмент

небольшой трудоемкостью изготовления, высокой механической прочностью и малой площадью отжига пластины. Последнее имеет большое значение для сохранения твердости пластины, особенно в местах трения щеток о коллекторную медь и у конических креплений.

Подготовка соединений к пайке припоем ПМФ7. После того как медь разрублена на эксцентриковом прессе или же разрезана на дисковой пиле, т. е. превращена в коллекторные пластины, ее подвергают рихтовке. Отрихтованные пластины передают для предварительной сборки и опрессовки с промежуточными картонными прокладками. Операции эти выполняются в кольцевом приспособлении, показанном на рис. 38. В том же приспособлении производят подрезку торцов и проточку теплоизолирующей канавки. Обработанные пластины маркируют и распрессовывают, зачищают от заусенцев и передают на шлицовку, которую выполняют на приспособлен-

ных горизонтально-фрезерных станках малых моделей. Глубина шлица под пайку припоем ПМФ7 не должна превышать 4 *мм*.

Пайка петушков и соединение их с коллекторными пластинами. Применение твердых припоев для соединения петушков с пластинами заставило изменить технологию изготовления петушков: вместо клепки внедрена пайка припоем ПМФ7, лужению подвергаются только головки петушков в местах их соединения с якорной обмоткой.

Процесс пайки петушков и соединения их с коллекторными пластинами сводится к следующему. Между концами согнутого пе-

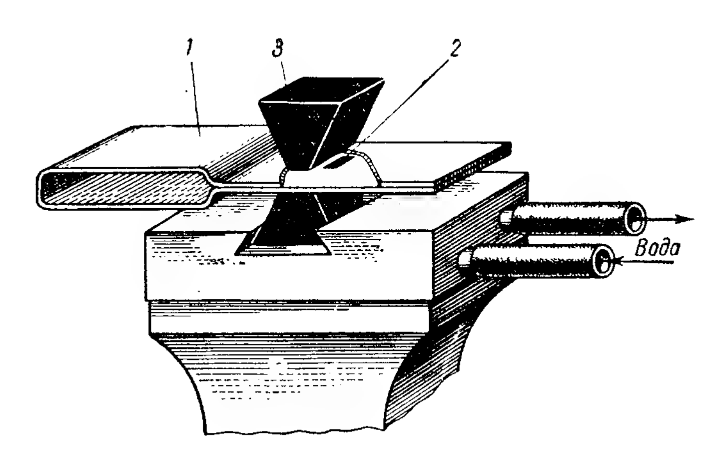


Рис. 39. Схема пайки петушков медно-фосфорным припоем

тушка *1* (рис. 39) закладывают кусочек прокатанной полосы припоя *2* толщиной 0,2—0,4 *мм* и площадью 20—30 *мм*², затем петушок устанавливают между графитовыми электродами *3* марки ЭГ-О, через которые пропускают ток. Нагрев электродов и оплавление заложенного кусочка твердого припоя происходит в течение 5—8 сек.

Для пайки петушков применяют трансформаторы со следующей характеристикой: сила тока 1500 *а*, напряжение во вторичной цепи 5—10 *в*, мощность 10—20 *квт*.

Припайка петушков к коллекторным пластинам производится на специальных установках (рис. 40), снабженных трансформаторами однофазного переменного тока напряжением во вторичной цепи 6—10 *в*, силой тока 13 000 *а*, мощностью 20—30 *квт*. В двух медных держателях *1* графитовых электродов *2* циркулирует вода охлаждения, подаваемая трубками *3*, присоединенными ко вторичной обмотке трансформатора. В ванне *4* находится проточная вода.

Подготовка к пайке ведется следующим образом. В желобе *5* устанавливают уровень воды посредством регулирующей трубы *6*, после чего пластину с петушком устанавливают между графитовыми электродами *2* и зажимают пружиной *7*. Ток включают при помощи

пускателя ножной кнопки *8*. Требуемая температура плавления припоя достигается включением и выключением ножной кнопки.

Располагать коллекторную пластину между графитовыми электродами можно как в горизонтальном (рис. 41, *а*), так и в вертикальном (рис. 41, *б*) положении.

В момент включения тока к месту пайки подводят палочку или прокатанную полоску припоя. За 5—8 сек. она оплавляется, и припой не только заполняет зазоры между петушком и коллекторной пластиной, но и несколько поднимается по петушку.

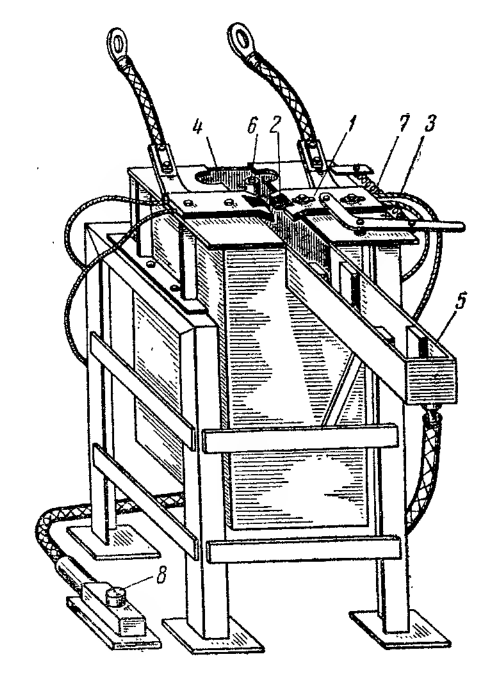


Рис. 40. Установка для пайки петушков с коллекторными пластинами припоем ПМФ7

Чтобы обеспечить правильное расположение петушка в шлице пластины по высоте и под заданным углом, следует пайку на рассмотренной установке производить с помощью простейшего зажимного приспособления, показанного на рис. 42.

Прочность пайки. Вопрос о том, насколько прочна пайка припоем ПМФ7, стал предметом специального исследования, выполненного на заводе «Электросила».

Микроанализ места пайки показал хорошую спаиваемость петушков с пластинами; зазор между петушком и стенками шлица в пластине сплошь заполняется припоем, образуется диффузионное сцепление.

Данные о твердости по Бринелю пластины в местах пайки (рис. 43) свидетельствуют о том, что при пайке нагревается небольшой участок. Механическую прочность пайки определяли испытанием на растяжение, причем измеряли усилие, необходимое для отрыва петушка от пластины. Для трех испытанных пластин оно составило 1830, 1780 и 1860 *кГ*. Во всех случаях разрыв произошел по телу петушка, в месте его припайки к пластине.

Вибрационную прочность пайки определяли испытанием на усталость при знакопеременном изгибе в одной плоскости. Испытание производили с помощью резонансной электромагнитной машины. Пластину зажимали в тисках, а конец петушка, к которому крепили магнитную насадку, вибрировал между полюсами электромагнита переменного тока. Предел усталости, определенный из кривой Веллера, оказался равным 3,5 $кГ/мм^2$ (рис. 44), что отвечает соответствующему показателю чистой меди.

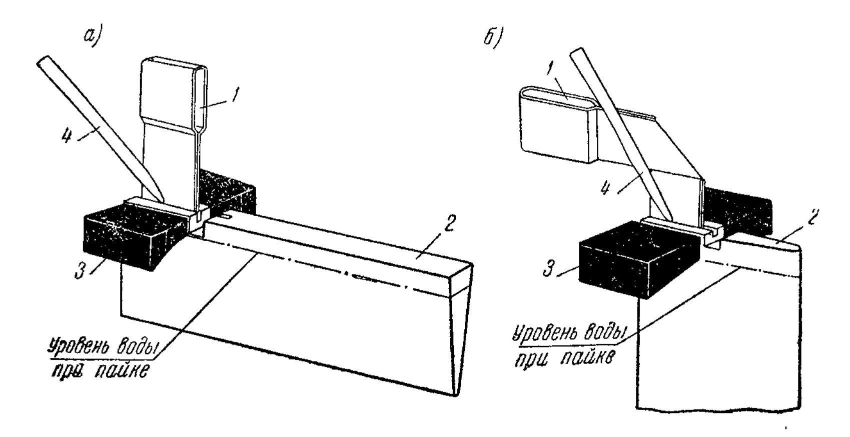


Рис. 41. Схема припайки петушков к пластинам припоем ПМФ7:

а — в горизонтальном положении; б — в вертикальном положении
1 — петушок; 2 — коллекторная пластина; 3 — графитовый электрод; 4 — палочка припоя

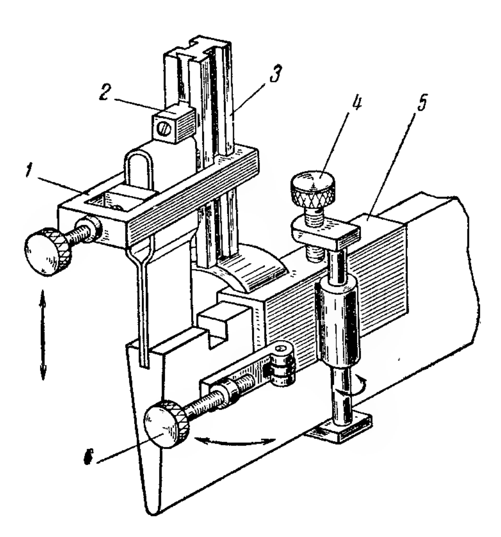


Рис. 42. Приспособление для установки петушка и пластины при пайке припоем ПМФ7:

1 — передвижная рама; 2 — упор; 3 — направляющая стойка; 4 — винт для крепления пластины; 5 — корпус; 6 — упорный внит

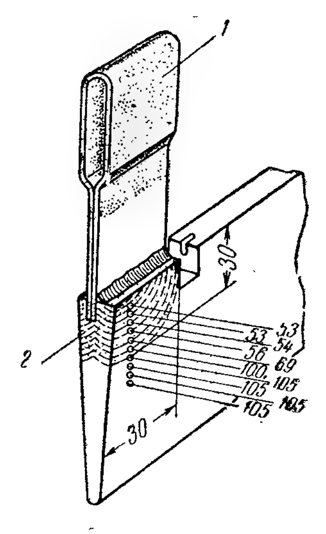


Рис. 43. Изменение твердости $H_Б$ пластины после пайки припоем ПМФ7:

1 — луженая часть петушка; 2 — зона отжига пластины; где твердость оказалась пониженной

Излом всех испытанных образцов произошел по материалу петушка (мягкой меди), а не по пайке, которая во всех случаях осталась неразрушенной.

Проведенные на ХЭТЗ исследования цельных фрезерованных петушков, припаянных припоем ПМФ7 к фрезерованным пластинам с помощью контактно-сварочного аппарата мощностью 50 *квт,* подтвердили преимущества этого припоя. Пайку производили специальными электродами: нижний имел приставной угольный наконечник, верхний был пустотелым латунным, со сменным медным концом. Электроды охлаждались циркулирующей водой. В качестве угольных наконечников были использованы графитовые блоки, применяющиеся для дуговых печей.

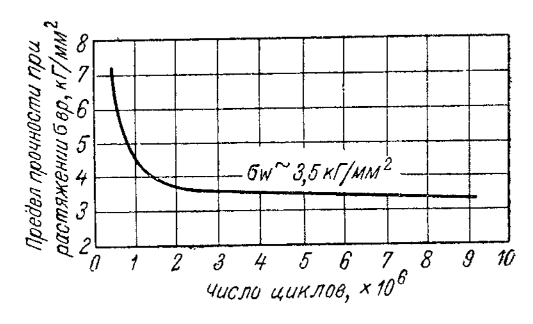


Рис. 44. Изменение предела усталости пайки припоем ПМФ7 при знакопеременном изгибе петушка в одной плоскости

В табл. 6 приведены сравнительные данные ХЭТЗ по переходному сопротивлению пластин различных видов: сплошных цельных, паянных припоем ПМФ7 и клепаных. Как видно из таблицы, переходное сопротивление в пластинах, паянных припоем ПМФ7, близко к соответствующему показателю цельных пластин и значительно ниже того же показателя для клепаных пластин. Это подтверждает целесообразность применения медно-фосфорных припоев.

Таблица 6

Переходное сопротивление пластин

Тип соединения	Сила тока, *а*	Напряжение, *в*	Переходное сопротивление *ом*
Сплошные цельные пластины	370	0,00495	0,0000133
	435	0,00555	0,0000127
	495	0,00645	0,0000131
Клепка	350	0,01699	0,0000485
	400	0,01960	0,0000487
	500	0,02450	0,0000489
Сварка порошкообразным припоем ПМФ7 из стружки после точения	348	0,00705	0,0000203
	410	0,00820	0,0000200
	496	0,00999	0,0000203
Сварка порошкообразным припоем ПМФ7 из стружки после фрезерования	200	0,00292	0,0000146
	310	0,00465	0,0000150
	401	0,00600	0,0000150

В связи с тем, что механические и электрические свойства припоя ПМФ7 оказались столь высокими, ХЭТЗ перевел все пластины коллекторов в машинах индивидуального исполнения типа МП с клепки и пайки оловянно-свинцовыми припоями на пайку припоем ПМФ7.

Опыт заводов «Электросила», ХЭТЗ и др. со всей убедительностью показывает, что применение припоя ПМФ7 повышает культуру коллекторного производства, экономит дорогостоящее олово и, делая ненужным ряд ручных операций, существенно понижает трудоемкость изготовления коллекторных пластин.

§ 7. Миканит и слюдинит

В электромашиностроении в качестве изоляционного материала широко применяется миканит. Он состоит из отдельных листочков естественной слюды, соединенных между собой склеивающим веществом.

Слюда относится к группе породообразующих минералов — водяных силикатов калия, алюминия, железа, магния и др., характеризующихся совершенной спайностью по одному направлению (базису), благодаря чему слюда может расщепляться на тончайшие листочки.

Для целей изоляции используют только ту слюду, которая не содержит железа, а именно калиево-алюминиевую, называемую *мусковитом*, и калий-магниево-алюминиевую, называемую *флогопитом*. Мусковит добывают преимущественно из пегматитовых жил, флогопит — из доломитовых контактных пород.

Мусковит, как правило, бесцветен, но иногда бывает окрашен в фиолетовый, желтый, бурый или зеленый цвет. Флогопит окрашен в разные цвета — от черного до белого. Основные свойства мусковита и флогопита приведены в табл. 7.

В коллекторах используют миканит двух видов: коллекторный и формовочный. Коллекторный миканит поступает на заводы электротехнической промышленности в листах. Из них вырезают полоски, применяющиеся в качестве изоляционных прокладок между коллекторными пластинами.

Формовочный миканит используют при изготовлении коллекторов арочного типа и коллекторов с бандажными кольцами. В первом случае из него прессуют манжеты, служащие для изолирования меди от стальных нажимных колец и коллекторной втулки. Во втором случае его применяют для поясков под бандажные кольца, а также для изолирования конусной втулки коллектора.

Коллекторный миканит. У коллекторных прокладок из миканита весьма ответственное назначение. В процессе изготовления коллекторов и при эксплуатации электрических машин прокладки испытывают воздействие значительных усилий сдвига и сжатия, а также высоких температур нагрева.

В быстроходных электрических машинах требуется, чтобы коллекторный миканит обладал способностью противостоять большим

Таблица 7

Физико-механические свойства слюды

Свойства	Мусковит	Флогопит
Удельный вес, *г/см³*	2,76—3,00	2,78—2,85
Предел прочности при растяжении, *кГ/мм²*	16,6—25,7	16,0—22,3
при сжатии, *Т/см²*	8,3—12,5*	3,0—6,0**
Расщепляемость ***	Легкая	Средняя
Твердость по минеральной шкале	2,0—2,5	2,5—3,0
Удельное объемное электросопротивление при комнатной температуре ****, *ом·см*	$8,6 \cdot 10^{14}$—$4,9 \cdot 10^{15}$	$5,1 \cdot 10^{13}$—$1,6 \cdot 10^{14}$
Диэлектрический коэффициент	2,5—10,0	2,5—10,0
Теплоемкость, *ккал/град*	0,2049	—
Температура плавления, °С	1255—1260	1270—1330
Теплопроводность, *кал/см·сек·град*	0,00110—0,00134	0,00130—0,00165
Теплостойкость, °С	525	700
Температура, при которой обнаруживается заметная потеря в весе, °С	580	825

* Образец превращается в порошок.
** Образец расщепляется и после снятия давления вспучивается.
*** Расщепляемость зависит от рода среды, соприкасающейся с вновь возникающими поверхностями: кислород затрудняет, а вода облегчает расщепление.
**** В направлении плоскости спайки.

центробежным усилиям и в связи с этим удовлетворял повышенным требованиям в отношении усадки по толщине, вытекания склеивающего вещества и выпучивания отдельных листочков слюды.

Коллекторный миканит представляет собой прессованный и калиброванный по толщине материал, состоящий из листочков щипаной слюды флогопит (толщиной 10—20 *мкм*), склеенных связующим веществом. В качестве склеивающего вещества используют естественную смолу — шеллак, искусственную глифталевую смолу и кремнийорганические смолы. Листочки слюды склеивают также химическим способом с применением аммофоса.[1]

Согласно ГОСТ 2196-54 коллекторный миканит изготовляют двух марок: КФ-1[2] и КФ. Толщина листа миканита и допускаемые отклонения от номинальной толщины должны соответствовать табл. 8. Листы миканита должны иметь 215 ± 10 *мм* в ширину и 465 ± 20 *мм* в длину.

[1] Аммоний фосфорнокислый двузамещенный реактивный по ГОСТ 3772-47.
[2] В обозначении марки миканита буква К означает коллекторный, буква Ф—флогопит; цифра 1 указывает на пониженную усадку.

Таблица 8

Сортамент и свойства коллекторного миканита

Нормальная толщина листа, *мм*	Допускаемые отклонения в отдельных точках листа, *мм*	Расслаиваемость при резании, % (не более)
0,4; 0,5; 0,6	± 0,07	5
0,7; 0,8; 0,9 1,0; 1,1; 1,2 1,3; 1,4; 1,5	± 0,08	10

Примечание. Для всех номинальных толщин листа, приведенных в таблице, содержание связующего вещества не может превышать 4%, а средняя электрическая прочность не может быть ниже 18 *кв/мм*.

При температуре 160°С и давлении 600 *кГ/см*² слюда не должна выступать в миканите, а связующее вещество не должно вытекать из него.

Максимально допустимая усадка миканита разных марок приведена в табл. 9.

Таблица 9

Максимально допустимая усадка миканита при давлении 600 *кГ/см*², %

Марка	При температуре, °С	
	20	20—160
КФ-1	7	14
КФ	9	25

При прессовке коллекторного миканита наибольшее давление рекомендуется принимать равным 600 *кГ/см*². Максимальная температура прессовки миканита зависит от рода склеивающего вещества. Для шеллачных смол она составляет 160° С, для глифталевых смол 180° С, для миканита на аммофосе 400° С.

Изготовление коллекторного миканита на шеллачных смолах с этиловым спиртом в качестве растворителя связано с ручной укладкой листочков слюды, что обусловливает низкую производительность труда.

Глифталевая смола, получаемая путем конденсации фталевого ангидрида с глицерином, лучше шеллака склеивает слюду. К тому же, благодаря применению этой смолы удалось полностью механизировать процесс раскладки слюды и организовать массовый выпуск коллекторного миканита.

В связи с освоением промышленностью производства электрических машин, работающих в условиях повышенной влажности и высоких температур (200° С и выше), возникла необходимость создать коллекторный миканит, свойства которого не изменялись бы в указанных условиях.

Эта проблема успешно решена Всесоюзным электротехническим институтом имени Ленина (ВЭИ) совместно с промышленностью. Разработан и освоен промышленный способ производства коллекторного миканита, выдерживающего нагрев до 600° С и выше.[1]

Технология производства термостойкого коллекторного миканита принципиально отличается от технологии изготовления миканита на естественных и искусственных смолах. Здесь листочки слюды склеиваются благодаря химической реакции, происходящей при 400° С.

Слюду флогопит укладывают в листы требуемых размеров механизированным способом так же, как и при изготовлении миканита на глифталевых смолах, но насыпку слюды производят без добавок связующих веществ.

Набранные из листочков слюды заготовки в листах пропитывают в 20-процентном водном растворе аммофоса, обладающего удельным весом 1,1—1,3. О полноте пропитки судят по прекращению выделения пузырьков воздуха. Смоченные листочки слюды прочно сцепляются между собой. Собранные заготовки листов миканита поступают на дальнейшую обработку: разрезание, выравнивание и др.

Влажную заготовку обкладывают с обеих сторон слюдой мусковит (из отходов) и передают на сборку пакетов и прессовку. Последнюю из названных операций производят на этажерочных гидравлических прессах в две фазы, первая из которых состоит в сушке токами технической частоты, вторая—в диэлектрической термообработке.

На рис. 45 схематически изображена сборка пакета из листов миканита и представлена схема электрического соединения для сушки этого пакета токами технической частоты. В начале сушки удельное давление пресса *P* не превышает 0,5 *кГ/см*², в дальнейшем, по мере удаления влаги, оно повышается до 10 *кГ/см*². К концу сушки температура в пакете достигает 180—230°С. При этом почти полностью прекращается выделение из пакета паров влаги, плавится аммофос и выделяется аммиак. Первая фаза прессовки длится около 2 час.

---

[1] В. В. Кудрявцев, Коллекторный миканит на аммофосе, Информационно-технический сборник ЦБТИ электропромышленности, 1958, вып. 2.

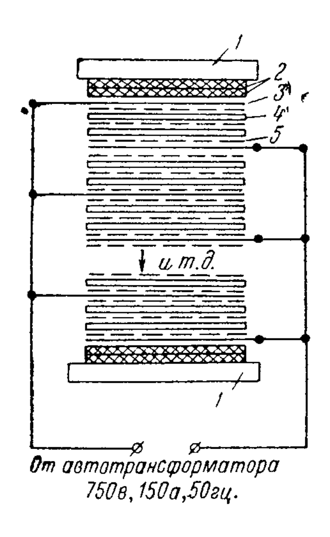


Рис. 45. Схема электрического соединения при нагреве токами технической частоты:

1 — плита пресса; 2 — асбоцементные плиты; 3 — стальной лист толщиной 1,5 мм; 4 — лист миканита (слюда флогопит); 5 — слой слюды мусковит

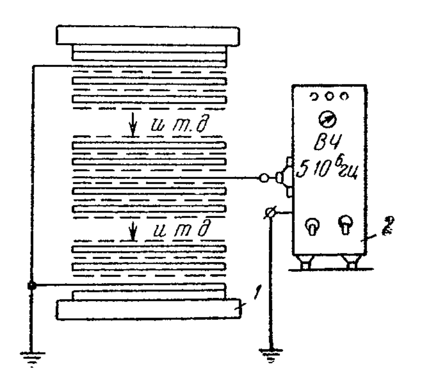


Рис. 46. Схема электрического соединения при нагреве токами высокой частоты:

1 — плита пресса; 2 — генератор

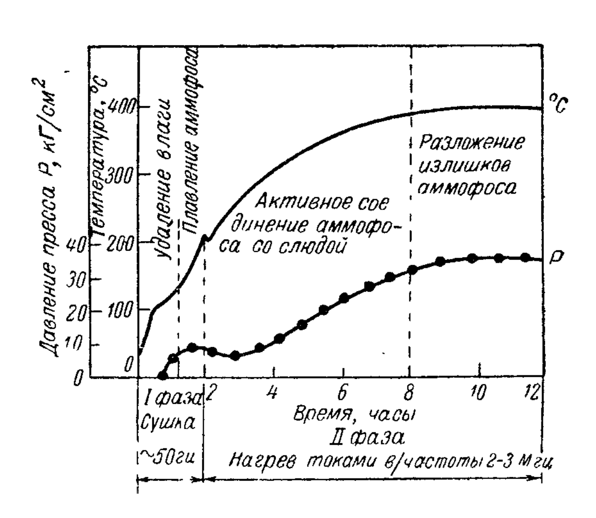


Рис. 47. Схема технологического процесса прессовки термостойкого миканита

Вторая фаза прессовки продолжительностью до 10 час. производится при диэлектрическом способе нагрева (рис. 46), по технологии, схематически представленной на рис. 47. Здесь происходит активное соединение аммофоса со слюдой; при 390—400° С излишки аммофоса разлагаются.

В результате длительной термообработки при 390—400° С в миканите остается всего 0,2—0,4% водорастворимых веществ (в основном неполностью связавшийся аммофос), т. е. практически столько же сколько их содержится в чистой слюде флогопит.

После такой термообработки миканит подвергают интенсивному охлаждению до 90—110°С. Затем листы миканита снимают с пресса и освобождают от поверхностного слоя слюды мусковит. Следует заметить, что на эту слюду аммофос не оказывает воздействия в связи с тем, что химический состав ее отличен от химического состава флогопита.

Чтобы придать листам миканита требуемую толщину, их подвергают фрезерованию или шлифованию. В настоящее время, как у нас, так и за рубежом, более распространено фрезерование миканита. Оно производится на горизонтально-фрезерных станках с использованием режущего инструмента различных конструкций. Например, швейцарская фирма Швейцерише Изолаверке, Брейтенбах (SIB)[1] применяет цилиндрические фрезы с винтовыми зубьями диаметром 80 *мм* и шириной 700 *мм*.

При этом достигается высокая точность обработки.

Фрезерование миканита экономически выгоднее шлифования, ибо позволяет утилизировать слюдяную стружку.

Приведенные данные свидетельствуют о перспективности коллекторного миканита на аммофосе. Этот изоляционный материал выгодно отличается от миканита на шеллачной и глифталевой смолах меньшей усадкой по толщине и большей стойкостью при нагреве выше 600° С. Кроме того, в нем почти не наблюдается выпучивания листочков слюды.

Формовочный миканит. Этот изоляционный материал, известный также под названием прессованного миканита, состоит из щипаной слюды, склеенной связующим веществом. Формуют его в нагретом состоянии. Марки формовочного миканита, предусмотренные ГОСТ 6122-52, приведены на стр. 58.

Буквы обозначают: первое Ф — формовочный миканит; М — мусковит, второе Ф — флогопит, С — смесь мусковита и флогопита. Цифры обозначают: 1 — миканит калиброванный; 2 — некалиброванный. Буква А, стоящая после цифр, указывает на то, что содержание связующего вещества находится в пределах от 8 до 15%. Отсутствие буквы А показывает, что содержание связующего вещества составляет от 15 до 25%.

---

[1] Отчеты о командировках чехословацких специалистов в Швейцарию по вопросам изготовления различных видов слюдяной изоляции, ЦБТИ электропромышленности, М., 1958.

В табл. 10, составленной на основе ГОСТ 6122-52, приведены сортамент формовочного миканита и его состав.

Марка формовочного миканита	Вид слюды	Вид миканита
ФМ1, ФМ1А	Мусковит	Калиброванный по толщине
ФФ1, ФФ1А	Флогопит	
ФС1, ФС1А	Смесь мусковита и флогопита	
ФМ2, ФМ2А	Мусковит	Некалиброванный по толщине
ФФ2, ФФ2А	Флогопит	
ФС2, ФС2А	Смесь мусковита и флогопита	

Таблица 10

Характеристики формовочного миканита

Марка	Толщина листа, *мм*	Допускаемые отклонения по толщине листа, *мм*		Содержание, %		
		поседредние	в отдельных точках	слюды	склеивающего вещества	летучих (не более)
ФМ1, ФМ1А	0,4; 0,45; 0,5	± 0,05	± 0,10	85—75	15—25	1
ФФ1, ФФ1А ФС1, ФС1А	0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0	± 0,1	± 0,15			
	0,10	+ 0,05 — 0,04	+ 0,10 — 0,05	92—85	8—15	1
	0,15, 0,20; 0,25	± 0,05	± 0,10			
ФМ2, ФМ2А	0,30; 0,35	± 0,05	± 0,12			
ФФ2, ФФ2А	0,40; 0,45	± 0,06	± 0,15			
ФС2, ФС2А	0,5	± 0,08	± 0,18			
	0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,5; более 1,5	±15%	±30%			

У миканита марок ФМ2А, ФФ2А и ФС2А толщиной 0,10—0,35 *мм,* применяемого при изготовлении коллекторных манжет, электрическая прочность должна быть не ниже 35—25 *кв/мм.*

Слюдинит. Слюда, из которой изготовляют миканит, весьма дефицитна. Объясняется это как низким содержанием ее в породе, так и малым выходом листовой слюды из сырья. К тому же количество крупных листочков в составе листовой слюды невелико.

Чтобы удовлетворить потребность электропромышленности в слюдяной изоляции, в тридцатых годах начались поиски лучшего использования слюды. Для изоляционных материалов начали применять вместо слюды, щипанной из очищенной, слюду, щипанную из полуочищенной и колотой слюды. Получили также применение низкие сорта мусковита и флогопита.

Однако способы обработки и расщепления этого материала в основном остались ручными, трудоемкими. С ручной операцией — расклейкой слюды — сязано и изготовление малослойного миканита.

В послевоенные годы в Советском Союзе и за рубежом разработаны рецептура и технология изготовления изоляционных материалов из непромышленных отходов слюды. В СССР новый материал назван слюдинитом; в Швейцарии, Чехословакии, ГДР, США и др. странах — самиканитом.[1]

Из отходов слюды мусковит, обрабатываемых термосодовокислотным способом, изготовляют бумагу самика, а на ее основе производят самиканит (коллекторный, формовочный и др.) на бумажной, шелковой и стеклотканевой подложках, с использованием асфальтовых, эпоксидных и кремнийорганических лаков.

В нашей стране для получения картона и бумаги из слюдинита были исследованы, наряду с термосодовокислотным способом, также термогидравлический и термощелочной способы обработки отходов слюды. Производство слюдинитовых материалов (коллекторный и формовочный слюдинит, нагревостойкий формовочный стеклослюдинит) находится в стадии промышленного освоения. На эти материалы разработаны технические условия.

К о л л е к т о р н ы й с л ю д и н и т представляет собой спрессованный в нагретом состоянии твердый листовой материал. Он получается отливом водослюдосмоляной суспензии, приготовляемой путем специальной обработки отходов слюды мусковит и кремнийорганической или глифталевой смолы.

Ф о р м о в о ч н ы й с л ю д и н и т, формующийся в нагретом состоянии, состоит из слюдинитовой бумаги, склеенной при помощи связующего вещества, без подложки или с подложкой, покрывающей слюдинитовую бумагу с одной или с обеих сторон.

Н а г р е в о с т о й к и й ф о р м о в о ч н ы й с т е к л о с л ю д и н и т изготовляется из бесщелочной стеклоткани, слюдинитовой бумаги и кремнийорганического связующего вещества, с последующей прессовкой при нагреве.

Самиканитовые материалы выпускаются в промышленном масштабе рядом зарубежных фирм: электротехническим заводом им. Ганса Беймлера (ГДР), швейцарской SIB и др.

---

[1] К. А А н д р и а н о в и Л. А. Э п ш т е й н, Электроизоляционные материалы на основе слюдинита, Госэнергоиздат, 1957.

Сравнительные испытания показали, что коллекторный слюдинит не уступает самиканиту по равномерности толщины, усадке, скольжению слюды и ее вытеканию. Следует, однако, иметь в виду, что температура проведенных у нас испытаний несколько ниже той, которая принята во Франции и Швейцарии.

Коллекторный слюдинит и самиканит имеют одинаковые значения электрической прочности.

Нагревостойкий формовочный стеклослюдинит отличается от самиканита, главным образом, содержанием стеклоткани, которая повышает механические свойства и технологичность материала.

Коллекторный слюдинит может быть рекомендован для применения в коллекторах электрических машин в первую очередь вместо коллекторного миканита на глифталевой смоле.

Организация промышленного производства слюдинитовых картонов и бумаг имеет важное значение, поскольку она расширит слюдяные ресурсы нашей страны и позволит полностью механизировать работы по изготовлению изоляционных материалов.

§ 8. Изготовление коллекторных манжет

Описание технологии производства миканитовых манжет начнем с расчета размеров заготовок для манжет.

Расчет размеров заготовок для цельных манжет. На рис. 48,*а* показан эскиз манжеты, а на рис. 48,*б* — эскиз ее заготовки, представляющей собой часть кольца, очерченного радиусами R_1 и R_2 и хордами A_1 и A_2.

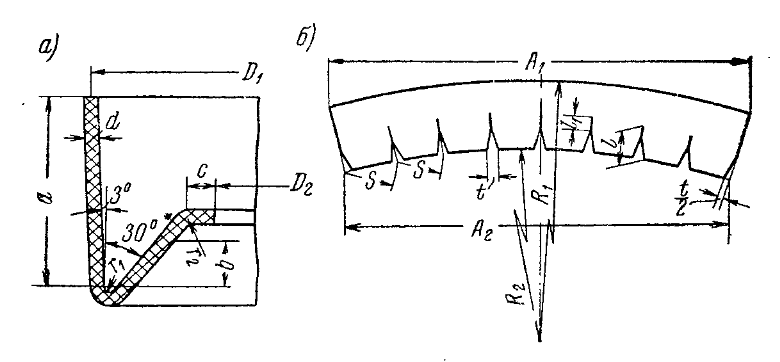


Рис. 48. Эскизы цельной манжеты (*а*) и заготовки для нее (*б*)

На внутренней стороне заготовки имеются вырезы, переходящие в надрезы. Последние предназначаются для устранения излишков материала на конусе 30° и на буртике *c* манжеты.

Исходными данными для расчета служат величины $D_1, D_2, a, b, c, d, r_1$ и r_2. Предусматриваются также припуски на обрезание по наружному и внутреннему диаметрам, принимаемые по 10 *мм* на сторону.

Требуется определить наружный и внутренний радиусы заготовки R_1 и R_2, длины хорд A_1 и A_2, число вырезов z, шаг выреза s, ширину выреза t, суммарную длину выреза и надреза l, длину надреза l_1.

Приведенные ниже эмпирические формулы обоснованы многолетним производственным опытом завода «Электросила».

$$R_1 = 9{,}55\ D_1 + 10\ [мм];$$

$$R_2 = R_1 - a + 1{,}15b + c + 3{,}2r_1 + r_2 + 20\ [мм];$$

$$A_1 = 0{,}327\ R_1 + x\ [мм];$$

$$A_2 = 0{,}327\ R_2 + x\ [мм].$$

Слагаемое x учитывает необходимость избежать появления зазора в стыке при закладке в матрицу предварительно отформованной заготовки манжеты.

Величина x зависит от наружного диаметра манжеты и равна 4 *мм* для $D_1 < 100$ *мм*; 7 *мм* для $D_1 = 100 \div 300$ *мм*; 10 *мм* для $D_1 > 300$ *мм*.

Число вырезов z зависит от наружного диаметра D_1 манжеты:

D_1, *мм*	z	D_1, *мм*	z
До 60	8	171—220	26
60—90	10	221—280	32
91—130	16	281—400	40
131—170	20	Свыше 400	48

$$s = \frac{0{,}329\,R_2 + x}{z}\,[мм];$$

$$t = \frac{0{,}329\,R_2 - 3{,}14\,(D_2 - 20)}{z}\,[мм];$$

$$l = R_1 - R_2 + a + 10\ [мм];$$

$$l_1 = 2{,}6\,r_1,\ \text{но не менее 6 мм.}$$

Хорда A_1 заготовки не должна превышать 950—1000 *мм*. Поэтому при $D_1 = 300 \div 600$ *мм* заготовку составляют из двух частей, причем линия стыка у них должна проходить по оси выреза. Для $D_1 = 600 \div 700$ *мм* заготовку манжет составляют из трех частей.

Если заготовка для манжеты состоит из n частей, то для определения значений R_1, R_2, t, l и l_1 следует пользоваться ранее приведенными формулами. Формулы же для z, s, A_1 и A_2 каждой из частей заготовки принимают следующий вид:

$$z_1 = \frac{z}{n}; \qquad s_1 = \frac{0{,}329\,R_2 + nx}{z}\ [мм];$$

$$A_1' = \frac{0{,}327\,R_1}{n} + x\ [мм]; \quad A_2' = \frac{0{,}327\,R_2}{n} + x\ [мм];$$

Расчет размеров заготовок для составных манжет. При диаметре миканитовых манжет, превышающем 700 *мм,* их изготовляют составными. Собирают такую манжету из отдельных сегментов, стыкующихся под углом 15° к оси коллектора. Для наружного и внутреннего сегментов берут одинаковые заготовки, причем расчет производят по наружному сегменту.

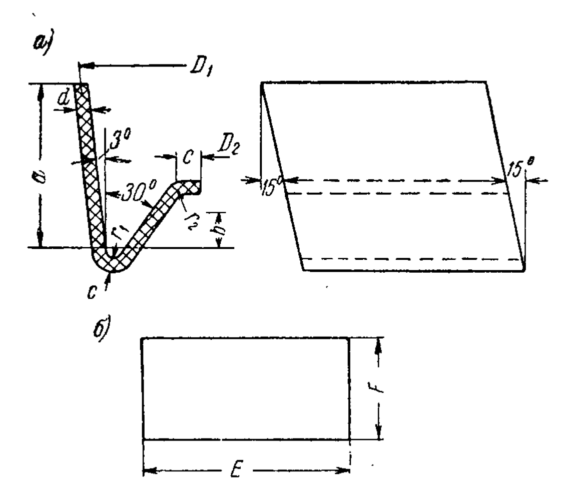


Рис. 49. Эскизы сегмента составной манжеты (*а*) и заготовки для нее (*б*)

Исходными данными для расчета служат размеры D_1, D_2, a, b, c, r_1 и r_2 (рис. 49, *а*), а также количество сегментов n_1. Требуется определить длину E и ширину F заготовки (рис. 49, *б*).

$$E = \frac{3{,}14 D_1}{n_1} + 0{,}27\,(a + r_1) + 20\ [мм];$$

$$F = a + 1{,}15\,b + c + 3{,}2\,r_1 + r_2 + 30\,[мм].$$

Технология изготовления манжет.[1] Исходя из данных расчета размеров миканитовых заготовок, изготовляют разметочный шаблон (из гетинакса или стали толщиной 1—2 *мм*) и с его помощью размечают лист формовочного миканита. Собирают миканитовые листы в стопку высотой 10—20 *мм,* сверху кладут размеченный лист, зажимают стопку высотой 10—20 *мм,* сверху кладут размеченный лист, зажимают стопку струбцинами по краям и на ленточной пиле вырезают заготовки по разметке.

[1] Из опыта завода «Электросила».

Одну миканитовую заготовку укладывают на плиту и покрывают ее поверхность лаком (за исключением зоны, ограниченной зубцами). На первую заготовку укладывают вторую со сдвигом на $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{2}$ ширины зубца (рис. 50) и покрывают ее лаком. Таким же образом укладывают и склеивают остальные миканитовые заготовки, выдерживая сдвиг каждого слоя на $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{2}$ ширины зубца. Число слоев определяется толщиной манжеты и миканитовых заготовок.

Склеенные заготовки укладывают на плиту с электрическим или паровым подогревом и нагревают до 80—100°С. Размягченные заготовки укладывают затем на холодный пуансон, формуют, располагая их стыки согласно рис. 50, и перевязывают хлопчатобумажной лентой. После этого зубцы заготовок по торцу пуансона отги-

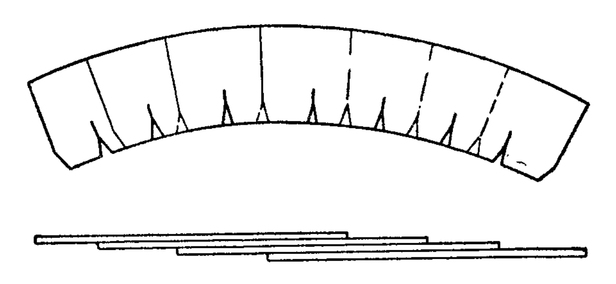


Рис. 50. Схема сборки миканитовой манжеты

бают на конус 30° и на отогнутые зубцы устанавливают кольцо. Полученные манжеты просушивают затем на воздухе.

Количество миканитовых заготовок в манжете определяется ее диаметром D. Для $D < 280$ *мм* нужна 1 заготовка (рис. 51, *а*); для $D = 280 \div 370$ *мм* — 2 заготовки (рис. 51, *б*); для $D = 370 \div 600$ *мм* — 4 заготовки (2 наружных и 2 внутренних) — как это показано на рис. 51, *в*; для $D > 600$ *мм* — 6 заготовок (3 наружных и 3 внутренних), согласно рис. 51, *г*.

Перед прессовкой манжеты прессформу нагревают до 140—160°С, а ее рабочие поверхности тщательно протирают и смазывают солидолом. Затем предварительно отформованную манжету закладывают в матрицу и осторожно вводят в прессформу пуансон.

Усилие пресса P, необходимое для прессовки манжет, определяют по формуле:

$$P = pF\ [кГ],$$

где p — удельное давление, равное 250 *кГ/см²*;

F — площадь проекции поверхности манжеты на горизонтальную плоскость; $F = \frac{\pi}{4}(D_1^2 - D_2^2)$, по рис. 48, *а*.

Опрессованные манжеты поступают в электрическую печь на выпечку. Температуру и продолжительность выпечки подбирают так, чтобы к концу процесса температура на матрице прессформы достигла 160—180°С. После выпечки манжеты снова прессуют и

Рис. 51. Схема стыкования заготовок манжет: *а* — одно соединение; *б* — два соединения в одном кольце; *в* — два соединения в каждом из двух колец; *г* — три соединения в каждом из двух колец

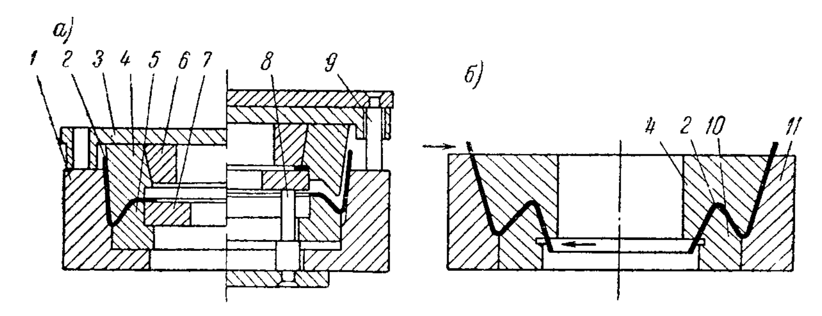


Рис. 52. Прессформы для миканитовых манжет: *а* — конструкции завода «Электросила»; *б* — конструкции швейцарской фирмы SIB:

1 — матрица; 2 — миканитовая манжета; 3 — нажимное кольцо; 4 — пуансон; 5 — кольцо; 6 — коническое кольцо; 7 — кольцевой нож; 8 — нижнее распрессовочное кольцо; 9 — верхнее распрессовочное кольцо; 10 — внутреннее кольцо матрицы; 11 — наружное кольцо матрицы

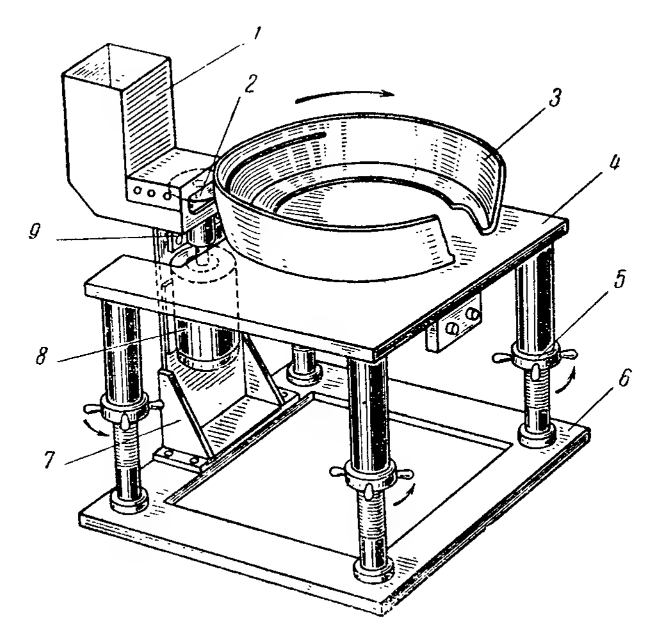


Рис. 53. Установка завода «Электросила» для подрезки манжеты по высоте:
1 — вентиляционная труба; 2 — дисковая фреза; 3 — миканитовая манжета; 4 — стол; 5 — гайка для подъема стола; 6 — нижняя рама стола; 7 — угольник; 8 — электродвигатель; 9 — кронштейн

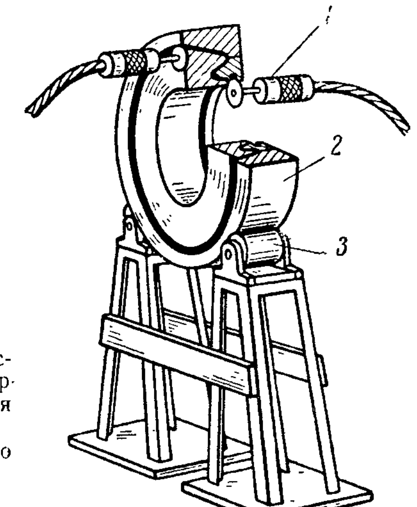


Рис. 54. Установка фирмы SIB для подрезки манжеты по высоте

в опрессованном состоянии выдерживают до полного охлаждения прессформы.

У манжеты, находящейся в прессформе (рис. 52, *а*), обрубают буртик при помощи кольцевого ножа, рабочее движение которого связано с перемещением стержней нижнего распрессовочного кольца, а затем посредством верхнего распрессовочного кольца выталкивают пуансон, составленный из 3—4 частей. После этого манжета легко вынимается из прессформы.

Как следует из литературных данных,[1] в Швейцарии производство миканитовых манжет слабо механизировано, но отличается тщательным выполнением ручных операций. Миканитовые заготовки для манжет фирма SIB клеит так же, как завод «Электросила», но для прессовки манжет применяет прессформу упрощенной конструкции (рис. 52, *б*).

На заводе «Электросила» подрезку манжет на конусе 3° производят дисковой фрезой на специальной установке, показанной на рис. 53. Швейцарская фирма SIB данную операцию производит дисковой фрезой, установленной в ручной машинке с гибким валом *1* (рис. 54). Для поворота прессформы *2* в процессе подрезки служит ролик *3*.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ПРОИЗВОДСТВО АРОЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

§ 9. Характеристика арочных коллекторов

Коллекторы электрических машин могут быть выполнены либо с цилиндрическим, либо с торцовым расположением рабочей поверхности, по которой происходит трение угольных щеток. Торцовые коллекторы встречаются в специальных машинах и поэтому в данной книге не освещаются. Цилиндрические коллекторы подразделяются на арочные и с бандажными кольцами. Первые применяются в тихоходных, вторые — в быстроходных машинах.

Наиболее распространенные в настоящее время арочные коллекторы (рис. 55) отличаются тем, что у них коллекторные пластины *1* прижимаются к центру усилиями, создаваемыми шпильками *2*, стягивающими конусы нажимных колец *3* и *4*. Эти усилия передаются на боковую поверхность коллекторных пластин посредством миканитовых манжет *5*. Миканитовые прокладки *6* выполняют роль межпластинной изоляции.

Наружная коническая поверхность нажимных колец в арочных коллекторах разгружена от стягивающих усилий, так как между

[1] Отчеты о командировках чехословацкнх специалистов в Швейцарию по вопросам изготовления различных видов слюдяной изоляции, ЦБТИ электропромышленности, М, 1958.

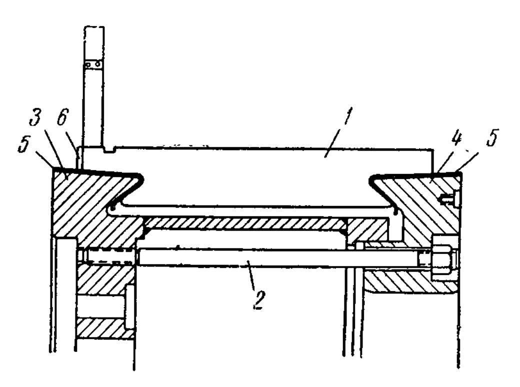
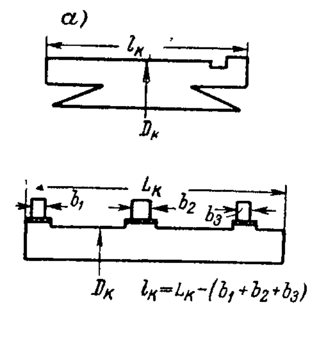


Рис. 55. Конструкция арочного коллектора



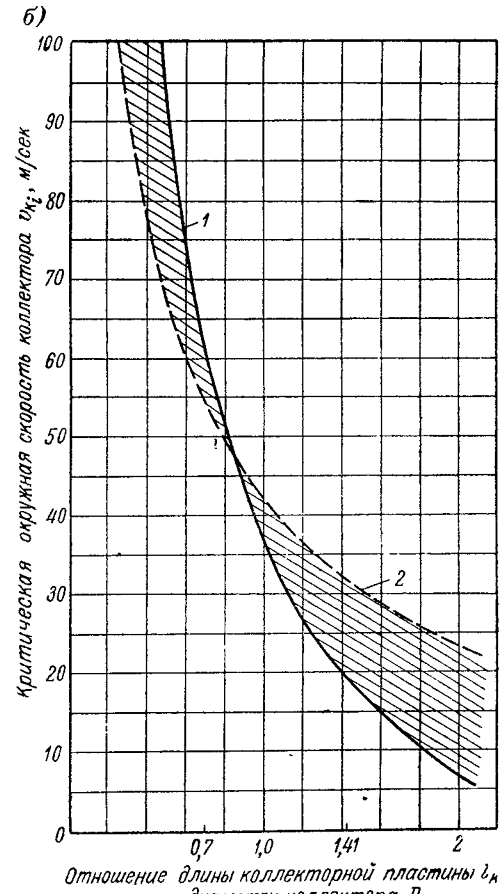


Рис. 56. Кривые пределов выполннмости арочных коллекторов и коллекторов с бандажными кольцами

коллекторными пластинами и манжетами предусмотрен зазор около 0,3 *мм*.

Название «арочный» объясняется тем, что коллекторные пластины образуют здесь круговую арку, защемленную между нажимными кольцами.

Арочные коллекторы отличаются сравнительной простотой конструкции, что облегчает их изготовление. Удобны они и в обслуживании, поскольку подход к коллектору сделан доступным. Кроме того, в электрических машинах с арочными коллекторами проста и конструкция щеточного аппарата.

Применяют арочные коллекторы в машинах различной мощности. Пределы выполнимости коллекторов определяются величиной окружной скорости коллектора $v_{\text{к}i}$ и отношением длины коллекторной пластины к диаметру коллектора $l_{\text{к}}/D_{\text{к}}$ (рис. 56, *а*). Предельные кривые (рис. 56, *б*) построены по данным заводов «Электросила» (*1*) и ХЭМЗ (*2*).

Зона выполнимости коллекторов арочного типа расположена влево от кривых. Как видно, только для $v_{\text{к}i} \approx 47$ *м/сек* и $l_{\text{к}}/D_{\text{к}} \approx 0{,}8$ (точка пересечения кривых) данные ХЭМЗ и завода «Электросила» совпадают. С увеличением $v_{\text{к}i}$ и уменьшением $l_{\text{к}}/D$ пределы выполнимости арочных коллекторов по данным ХЭМЗ сужаются сравнительно с данными «Электросилы»; при уменьшении $v_{\text{к}i}$ и увеличении $l_{\text{к}i}/D_{\text{к}}$ они, напротив, расширяются.

§ 10. Сборка и формовка цилиндра меди[1]

Цилиндр меди коллектора собирают из многих десятков, а иногда и сотен коллекторных пластин и миканитовых прокладок. В связи с тем, что волочильные матрицы изнашиваются в процессе работы, толщина коллекторных пластин колеблется в известных пределах (см. табл. 1). Допускаются отклонения и в толщине миканитовых прокладок (см. табл. 8). Понятно, что получить при сборке требуемый диаметр цилиндра меди в этих условиях нелегко.

Существуют два способа сборки цилиндра меди. По первому способу, применяемому на заводе «Электросила», коллекторные пластины и миканитовые прокладки подаются на сборку без предварительной калибровки. По второму способу, используемому на ХЭМЗ, пластины и прокладки предварительно калибруются.

Сборка без предварительной калибровки. Первую (пробную) опрессовку коллекторных пластин и миканитовых прокладок производят непосредственно в приспособлениях. После опрессовки наружный диаметр цилиндра меди коллектора замеряют в четырех диаметрально противоположных точках. В случае, если отклонения диаметра недопустимо велики, опрессованные миканитовые прокладки заменяют прокладками большей или меньшей толщины.

[1] Обозначение «цилиндр меди» является условным. Под ним здесь и дальше имеются в виду собранные в кольцо коллекторные пластины и миканитовые прокладки.

Зная расчетный наружный диаметр коллектора, а также полученный пробный (фактический) диаметр, определяют требуемое количество прокладок с измененной толщиной. Для этого пользуются формулой:

$$n_1 = \frac{\left(\frac{D_ф}{1{,}03} - D_р\right)\pi}{0{,}2},$$

где $D_ф$ — фактический наружный диаметр коллектора при пробной сборке и опрессовке, *мм*;

$D_р$ — расчетный наружный диаметр коллектора, *мм;*

1,03 — коэффициент, учитывающий уменьшение толщины миканита при окончательной опрессовке и выпечке цилиндра меди коллектора в приспособлении;

0,2 — минимальная разница в толщине различных типоразмеров миканитовых прокладок, *мм* (в коллекторном производстве применяют миканитовые прокладки толщиной 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 *мм*).

Количество старых прокладок z, с которыми следует чередовать новые прокладки (иной толщины), можно определить из равенства:

$$z = \frac{n}{n_1},$$

где n — общее количество миканитовых прокладок в коллекторе.

Если z получается с дробным остатком, его округляют до целого числа, по отношению к которому n является кратным.

Сборка с предварительной калибровкой. Полностью подготовленные коллекторные пластины и миканитовые прокладки сортируют по размерам, группируют в пачки и опрессовывают. Число пачек коллекторных пластин желательно иметь равным или кратным числу полюсов данной машины, а число пачек миканитовых прокладок — кратным числу пачек коллекторных пластин.

В каждой пачке должны находиться прокладки только одного размера.

Опрессовку пронумерованных пачек медных пластин и миканитовых прокладок производят в приспособлении на вертикальном гидравлическом прессе (рис. 57). При укладке необходимо обеспечить совпадение середины пачки с осью плунжера пресса.

Усилие, необходимое для калибровки пластин и прокладок, подсчитывают по формуле:

$$P = \frac{pF}{F_1},$$

где P — давление пресса (по манометру), *кГ/см²*;

p — удельное давление, *кГ/см²*; для коллекторных пластин толщиной до 6 *мм* и миканитовых прокладок $p = 110 \div 120$ *кГ/см²*; для пластин толщиной свыше 6 *мм* $p = 150 \div 160$ *кГ/см²*;

F — площадь коллекторной пластины, *см²*.

F_1 — площадь плунжера пресса, *см²*.

Высоту опрессованной пачки замеряют штихмассом с микрометрической головкой или индикатором.

Расхождение в высоте отдельных пачек пластин и прокладок не должно превышать 1 *мм*. Если же расхождение превышает указанную величину, следует взять две пачки с наибольшей и наименьшей высотой и сложить из них две новые пачки. При укладке новых пачек одну пластину или прокладку берут из высокой, другую — из низкой пачки. Так поступают со всеми пачками данного комплекта пластин и прокладок, у которых разница по высоте превышает 1 *мм*.

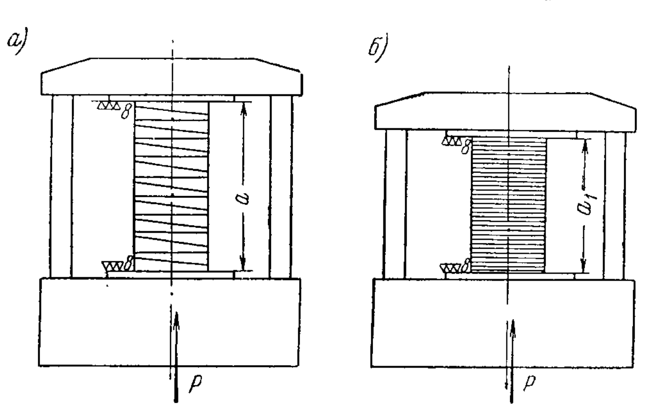


Рис. 57. Схема калибровки медных пластин (*а*) и миканитовых прокладок (*б*)

Составленные таким образом пачки вновь измеряют и при обнаружении погрешности вновь сортируют и калибруют, проделывая это до тех пор, пока разница в высоте между самой высокой и самой низкой пачкой не окажется меньше 1 *мм*.

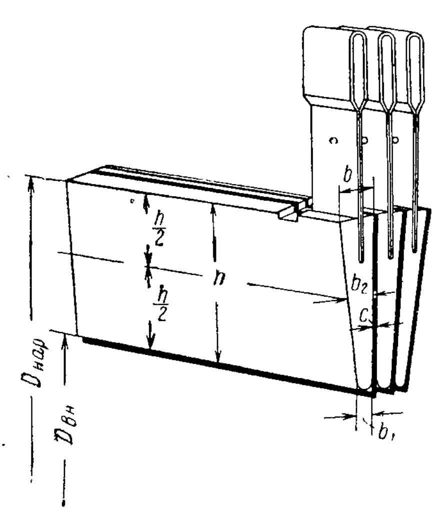


Рис. 58. Размеры коллекторных пластин, миканитовых прокладок и собранного цилиндра меди

Определение диаметра цилиндра меди и подбор толщины миканитовых прокладок. Расчетная длина окружности цилиндра меди по средней линии пластины (рис. 58) составляет:

$$L_1 = \pi \frac{D_{нар} + D_{вн}}{2} = \pi (D_{нар} - h),$$

где h — высота пластины.

Фактическую длину окружности по средней линии пластины можно определить из равенства:

$$L_2 = \sum a + \frac{\Sigma a_1}{1{,}03},$$

где $\Sigma\ a$ — сумма высот пачек медных пластин, *мм*;
$\Sigma\ a_1$ — сумма высот пачек миканитовых прокладок, *мм*;
1,03 — коэффициент, учитывающий уменьшение толщины миканита при окончательной опрессовке и выпечке цилиндра меди коллектора в приспособлении.

Искомое отклонение $\Delta\ D$ фактического наружного диаметра $D_ф$ цилиндра меди от его расчетного диаметра D_p определяют из равенства:

$$\Delta D = D_ф - D_p = \frac{L_2 - L_1}{\pi}\ [мм].$$

Допускаются следующие отклонения наружного диаметра $\Delta\ D$ цилиндра меди:

Диаметр цилиндра меди *D*, *мм*	Отклонение Δ *D*, *мм*
До 500	± 2,0
501 — 1000	± 2,5
1001 — 2000	± 3,0
Свыше 2000	± 5,0

Если отклонение фактического диаметра цилиндра меди от расчетного выходит за указанные пределы, для компенсации отклонения диаметра $\Delta\ D$ производят подбор миканитовых прокладок (n, $n/2$, $n/3$, $n/4$ или $n/5$) другой толщины. Затем калибруют новые миканитовые прокладки и вновь подсчитывают диаметр цилиндра меди. При этом следует помнить, что желательно ставить в коллектор прокладки одной толщины. Допускаются также две толщины, но отличающиеся друг от друга не более чем 0,2 *мм*.

На ХЭМЗ коллекторные пластины и миканитовые прокладки калибруют, если диаметр коллектора составляет от 390 до 630 *мм* и на коллектор приходится 9 и больше щеток или же если число коллекторных пластин превышает 300.

Следует отметить, что при сборке по второму способу, т. е. с предварительной калибровкой пластин и прокладок, полюсное деление коллектора получается более правильным, чем при сборке по первому способу, т. е. без предварительной калибровки; улучшается и коммутация электрической машины.

Технология сборки цилиндра меди. Цилиндр меди диаметром до 700 *мм* собирают в конусных приспособлениях (рис. 59) с опрессовкой на прессе. На подкладочное кольцо *1*, находящееся на сборочной плите *2*, устанавливают комплект конусных сегментов *3* с картонными наклейками внутри. Сегменты располагают в последовательном порядке по набитым на них номерам. Затем на подставки *4* устанавливают конусное кольцо *5* и приступают к сборке коллекторных пластин петушками вверх и миканитовых прокладок. При этом угольником *6* проверяют, соблюдена ли перпендикулярность пластин относительно сборочной плиты. Подставки *4* перед опрессовкой цилиндра меди снимают, а конусное кольцо *5* опускают на сегменты.

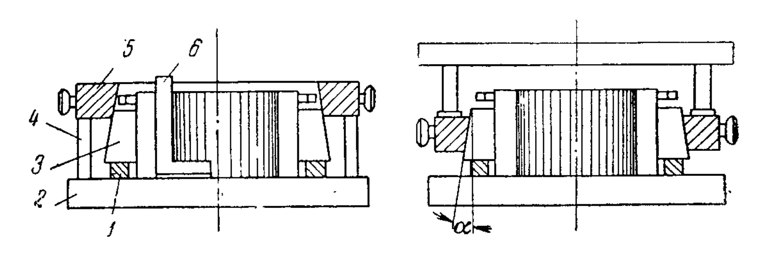


Рис. 59. Конусное приспособление для сборки цилиндра меди

Собранный цилиндр меди подают под пресс вместе со сборочной плитой *2*. Давление *P*, требуемое для опрессовки цилиндра меди в конусном приспособлении, определяют по формуле:

$$P = 1{,}11\,Fp \cdot 2\,\pi \operatorname{tg}\,(\alpha + \rho)\ [кГ],$$

где F — площадь боковой поверхности одной коллекторной пластины, *см*²;

p — удельное межпластинное давление, равное 300 *кГ/см*²;

α — угол трения, равный 15°;

ρ — угол конуса приспособления, равный 5°;

1,11 — поправочный коэффициент, учитывающий трение подошвы сегментов приспособления.

Расчет давления *P* (в тоннах) в зависимости от площади боковой поверхности пластины облегчается при пользовании графиком, приведенным на рис. 60.

Цилиндр меди диаметром свыше 700 *мм* собирают в кольцевых приспособлениях (ежах), в которых давление на сегменты осуществляется посредством болтов (рис. 61). Подобно сборке в конусных приспособлениях, здесь сначала устанавливают на сборочную плиту *1* сборочное кольцо *2*, затем раскладывают в порядке нумерации сегменты *3* с картонными наклейками на их внутренней поверхности. К последней приставляют медные пластины *4* петушками вверх и промежуточные миканитовые прокладки, после чего приступают к равномерной по всей окружности опрессовке пластин и прокладок средними болтами *5* сборочного кольца.

Выравниванию пластин и прокладок по окружности способствует центровочная колонка *6*, установленная в центре собираемого цилиндра меди. Перпендикулярность пластин относительно сборочной плиты *1*, расположенной на каркасе *7*, определяют угольником *8*.

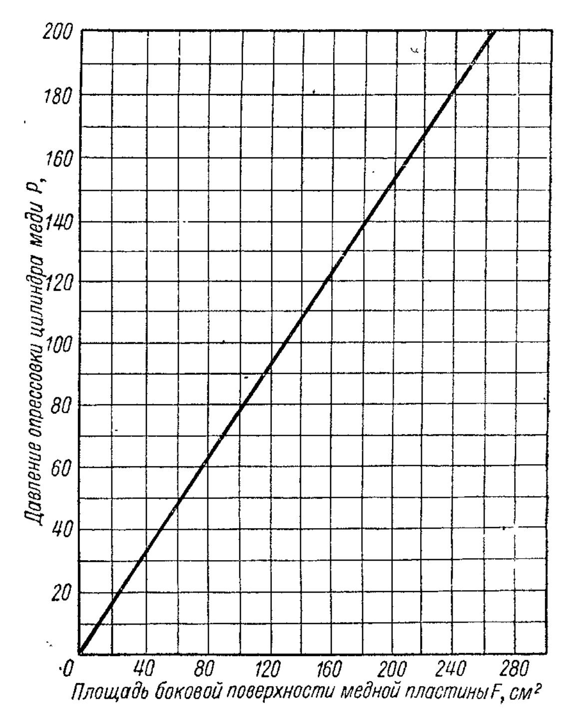


Рис. 60. График для определения давления при опрессовке цилиндра меди

Когда проверка окончена, цилиндр меди предварительно опрессовывают верхним и нижними болтами сборочного кольца, кантуют петушками вниз и устанавливают на мерные подставки. После этого приступают к полной опрессовке, тщательно выверяя при этом с помощью центровочной колонки правильность окружности (цилиндричность формы) цилиндра меди коллектора. Для этого диаметр цилиндра замеряют в четырех диаметрально противоположных точках.

Определяют также перекосы a_1 и a_2 коллекторных пластин, т. е. их отклонение от строго вертикального положения. Наибольшее внимание должно быть обращено на перекос a_1 (рис. 61).

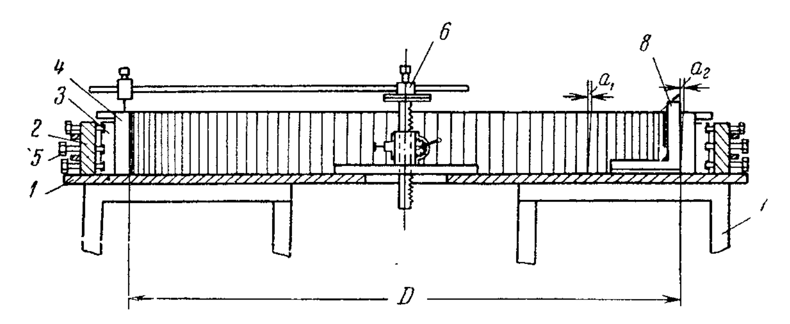


Рис. 61. Кольцевое опрессовочное приспособление (еж) для сборки цилиндра меди

С помощью угольника замеры производят по внутреннему диаметру цилиндра меди на шести пластинах, равномерно расположен-

ных по окружности. Допускаемые отклонения диаметра δ по всей длине цилиндра меди, а также допускаемые перекосы a_1 не должны превышать значений, указанных в табл. 11.

Таблица 11

Допускаемые отклонения размеров цилиндра меди

Диаметр цилиндра меди D *мм*	Допускаемое отклонение диаметра δ *мм*	Длина коллекторной пластины, *мм*	Допускаемый перекос коллекторной пластины a_1, *мм*
До 300	$\pm^{2}_{1}$	До 200	1,0
301 — 800	± 2	201 — 400	1,5
Свыше 800	$\pm^{3}_{2}$	Свыше 400	2,0

Определение длины рычага ключа и силы затяжки цилиндра меди. Сначала рассчитывают момент вращения M, прилагаемый к болту сборочного приспособления:

$$M = 0{,}015\ \frac{d}{m} Fp = 0{,}45\ \frac{d}{m} F\ [\kappa\Gamma\mathit{м}],$$

где d и m — диаметр и число болтов приспособления;

F — боковая поверхность заготовки коллекторной пластины, *см*²;

p — удельное давление на боковую поверхность пластины, равное 300 *кГ/см*².

Затем вычисляют длину рычага L ключа, считая, что усилие одного рабочего равно 60 *кГ*.

$$L = \frac{M}{60}\ [\mathit{м}].$$

Если диаметр цилиндра меди после опрессовки выходит за допускаемые пределы, приступают к перераспределению миканитовых прокладок по толщине ранее указанным способом.

Формовка цилиндра меди. После того как цилиндр меди собран, проверяют его межпластинную изоляцию на электрическую прочность посредством контрольной лампы напряжением 220 *в* и мощностью 60—100 *вт*. Затем изоляцию запекают в электропечах колокольного типа. Температуру в печи контролируют терморегуляторами. В отдельных местах цилиндра меди температуру замеряют термопарами, закладываемыми вместе с цилиндром в печь.

В табл. 12 приведены данные по формовке цилиндра меди крупных коллекторов. Продолжительность нагрева коллекторных пластин до заданной температуры в них не учтена.

Формовка цилиндра меди в приспособлениях

Вид лака, на котором изготовлен коллекторный миканит	1-я запечка		2-я запечка		3-я запечка	
	температура, °C	продолжительность, часы	температура, °C	продолжительность, часы	температура, °C	продолжительность, часы
Шеллачный	120	3	140	4	160	5
Глифталевый	130	3	150	5	170	7—8
Кремнийорганический	150	3	180	4	200	6

Примечание. Во время каждой из запечек опрессовку производят дважды: первый раз в горячем, второй раз в холодном состоянии.

Ввиду того, что запечка цилиндров меди с миканитом на кремнийорганическом лаке происходит при повышенной температуре, пайку петушков для них выполняют на промежуточных или твердых припоях.

Как показал опыт, режимы опрессовки и выпечки оказывают сильное влияние на качество готового коллектора. Так, недостаточно отформованный цилиндр меди коллектора продолжает формоваться и после его соединения с коллекторной втулкой и нажимным кольцом, за счет дальнейшей выпечки и опрессовки межпластинного миканита. В результате диаметр собранного коллектора уменьшается, что в свою очередь заглубляет посадку коллекторной втулки и нажимного кольца в цилиндре меди коллектора, создает давление на конус 3° и превращает арочный коллектор в какой-то мере в клиновый. [1]

Кроме того, при такой глубокой посадке втулки коллектор приближается к якорному железу в процессе его посадки на вал, что вызывает необходимость дополнительной перегибки лобовой части якорной обмотки.

Чтобы предохранить петушки от повреждения при операциях, следующих после сборки и формовки цилиндра меди, рекомендуется применять металлические защитные чехлы (рис. 62), состоящие из двух, трех или четырех частей, закрепляемых откидными болтами.

[1] Клиновые или так называемые защемленные коллекторы отличаются от арочных тем, что опрессовку этих коллекторов нажимными кольцами производят одновременно на два конуса (30 и 3°), вместо одного конуса (30°) при арочном исполнении. В настоящее время клиновых коллекторов не изготовляют. Объясняется это, во-первых, желанием избежать недостаточного межпластинного давления, как следствия неравномерного давления на конусы, и во-вторых, стремлением не допустить удорожания производства, связанного с наличием в клиновых коллекторах жестких допусков на диаметры конусов.

Данная конструкция чехла проста в изготовлении и удобна в эксплуатации; однако большая номенклатура коллекторов, характерная для индивидуального производства, порождает необходимость обзаводиться большим числом разнообразных чехлов. Это делает разработку универсальной конструкции чехла актуальной задачей.

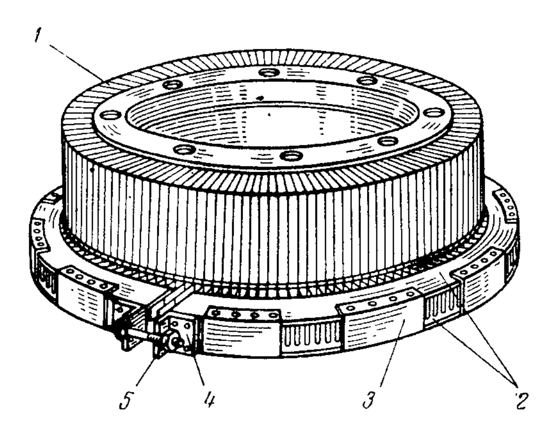


Рис. 62. Металлические чехлы для предохранения петушков от повреждения:

1 — цилиндр меди; 2 — верхний и нижний сегменты (толщина 2 мм); 3 — скоба для связи сегментов; 4 — угольник; 5 — откидной болт

§ 11. Механическая обработка узлов и деталей

Цилиндр меди. Собранные в цилиндр и запеченные коллекторные пластины с межпластинной изоляцией поступают на механическую обработку ласточкина хвоста.

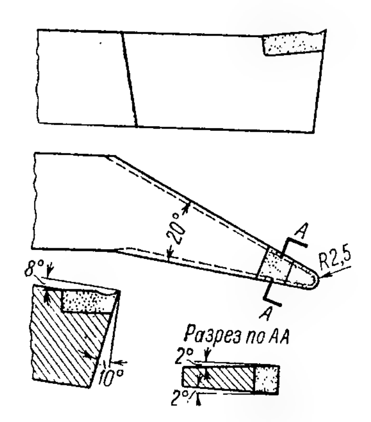


Рис. 63. Конструкция специального резца для обработки ласточкина хвоста в цилиндре меди

Цилиндр меди устанавливают на планшайбе токарно-карусельного станка петушками вниз, выверяют установку иглой, находящейся в резцедержателе, и закрепляют кулачками через опрессовочное приспособление. Допускаемая величина биения цилиндра меди на станке принимается в тех же пределах, что и при его сборке (табл. 11).

Последовательность механической обработки цилиндра меди и применяющиеся при этом угловые шаблоны показаны в табл. 13. Для обработки ласточкина хвоста с другой стороны (петушками вверх) цилиндр устанавливают на обработанный торец и центрируют по пояску (переход 1).

Конические поверхности обрабаты-

вают специальными резцами (рис. 63), режущая часть которых оснащена твердыми сплавами Т15К6, Т30К4 или ВК2. Правый резец представляет зеркальное изображение левого.

На некоторых заводах не изготовляют специальных шаблонов для измерения в цилиндре меди углов 30 и 33°, а применяют универсальные шаблоны, показанные на рис. 64.

Нажимное кольцо. Конструкция нажимных колец и коллекторных втулок в значительной степени определяется принятой техноло-

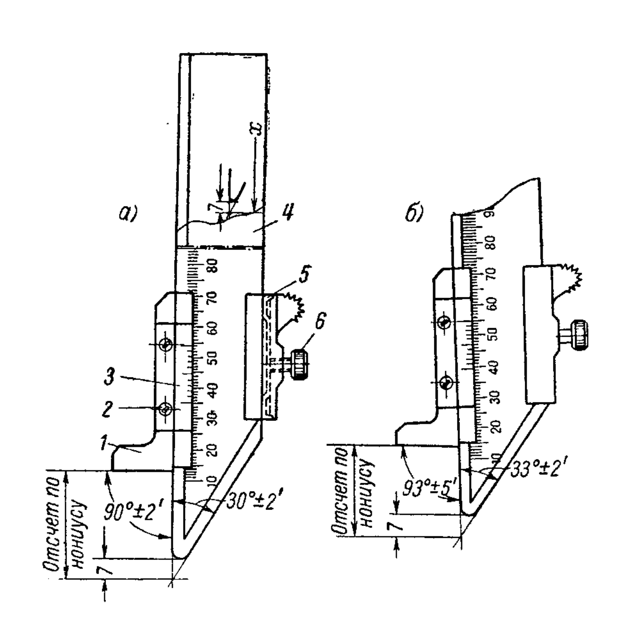


Рис. 64. Конструкция универсальных шаблонов для проверки угла 30° (*а*) и угла 33° (*б*) ласточкина хвоста в цилиндре меди

1 — корпус; 2 — винт; 3 — нониус; 4 — линейка; 5 — пружина; 6 — винт

гией их изготовления. Например, на ХЭМЗ, чтобы облегчить опрессовку и выпечку манжет непосредственно на нажимных кольцах, предусмотрели в конструкции коллектора два нажимных кольца и одну втулку, тогда как на заводе «Электросила», где выпечки манжет на нажимных кольцах не применяют, одно из нажимных колец (см. рис. 55, поз. *3*) отливают за одно целое с коллекторной втулкой.

Обрабатывают нажимные кольца на токарно-карусельных станках двумя способами, различающимися между собою базами, принятыми для обработки конусов под 30 и 33°, а следовательно, и мерительным инструментом.

Таблица 13

Технологический процесс механической обработки цилиндра меди коллектора

Номер перехода	Наименование перехода	Эскиз обработки	Инструмент
	Установить коллектор петушками вниз		
1	Подрезать торец и расточить центрирующий поясок		Подрезной резец Расточной резец Штангенциркуль (для размера h) Штихмасс с микрометрической головкой
2	Проточить ступень		Подрезной резец Миллиметровая линейка Штихмасс с микрометрической головкой
3	Расточить ступень и выточить канавку		Канавочный резец Штихмасс с микрометрической головкой Радиусный шаблон
4	Обработать окончательно конус под 30° и закругление		Специальный резец Шаблон 30°

Номер перехода	Наименование перехода	Эскиз обработки	Инструмент
5	Обработать окончательно конус под 33°		Специальиый резец Шаблон 33°

Переустановить коллектор петушками вверх

6	Проточить ступень		Подрезной резец Штангенциркуль (для размера h) Штихмасс с микрометрической головкой
7	Расточить ступень и выточить канавку		См. переход 3
8	Обработать окончательно конус под 30° и закругление		См. переход 4

Номер перехода	Наименование перехода	Эскиз обработки	Инструмент
9	Обработать окончательно конус под 33°	33° ∇∇6	См. переход 5

Технологический процесс механической обработки нажимных колец по первому способу приведен в табл. 14.

Для проверки углов применяются универсальные измерительные инструменты — фланцмеры (рис. 65).

Базой здесь служит внутренняя цилиндрическая поверхность *Б* (переход 3).

При обработке колец по второму способу (табл. 15) базой является цилиндрическая поверхность *Б* (переход 3).

Измерение углов осуществляется специальными угловыми шаблонами, которые показаны в карте технологического процесса механической обработки.

Применение фланцмеров при изготовлении нажимных колец создает определенные удобства в работе, их установка не вызывает затруднений у квалифицированных карусельщиков.

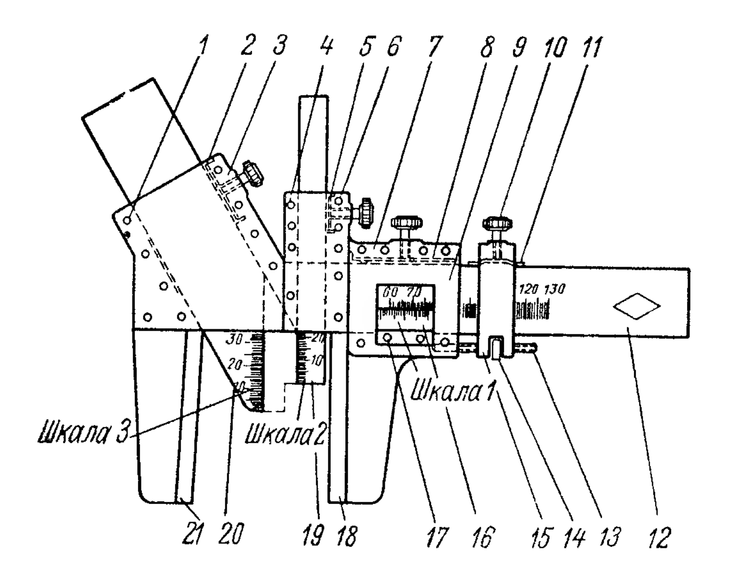
Фланцмер устанавливают по чертежным размерам и предварительным размерам нажимного кольца, полученным при его растачивании.

Например, по шкале *1* (рис. 65) размер *А* определяется как полуразность расчетного диаметра конуса фланца D_1 и диаметра предварительной расточки D_2, т. е., как $\frac{D_1 - D_2}{2}$; по шкалам *2* и *3* устанавливаются размеры *В* и *С*.

Периодическую проверку фланцмера производят контршаблоном, показанным на том же рис. 65.

Коллекторная втулка. Если коллекторная втулка составляет одну деталь с нажимным кольцом, то ее обрабатывают по технологии, приведенной в табл. 16. Технология рассчитана на обработку нажимного кольца по второму способу.

Для проверки углов 30 и 33° используют специальные угловые шаблоны, показанные в карте технологического процесса. За базу для проверки этих углов принята цилиндрическая поверхность *Б* (переход 3).



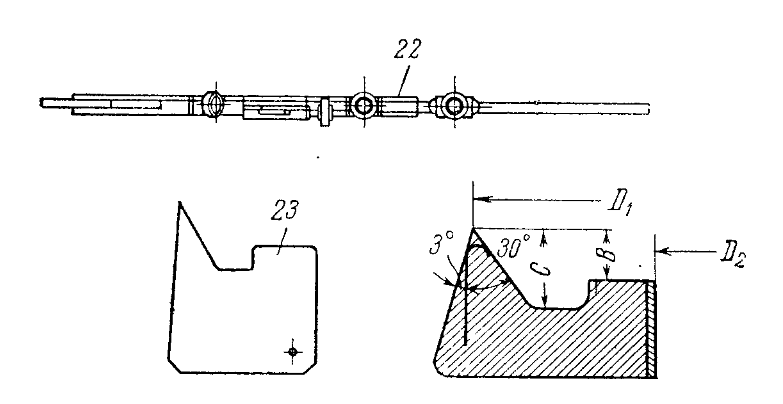


Рис. 65. Конструкция универсального фланцмера для проверки ласточкина хвоста в нажимных кольцах коллекторов

1 — штифт; 2 — пружина; 3 — пластина; 4 — пластина; 5 — пружина; 6 — штифт; 7 — пластина; 8 — пружина; 9—пластина; 10 — виит; 11 — пружииа; 12 — лииейка; 13 — виит; 14 — гайка; 15 — хомутик; 16 — нониус; 17 — винт; 18—ножка; 19 — линейка; 20 — линейка; 21 — ножка; 22 — планка; 23 — контршаблон

Таблица 14

Технологический процесс механической обработки нажимных колец (первый способ)

Номер перехода	Наименование перехода	Эскиз обработки	Инструмент
1	Крепить нажимное кольцо по наружной цилиндрической поверхности Подрезать торец и расточить отверстие		Расточной резец Линейка Штихмасс
2	Переустановить нажимное кольцо, крепить по внутренней цилиндрической поверхности Обточить, подрезать торцы и выточить канавку		Проходной резец Канавочный резец Фланцмер
3	Крепить нажимное кольцо по наружной цилиндрической поверхности Расточить базовую цилиндрическую поверхность *Б*		Расточной резец Штихмасс с микрометрической головкой
4	Переустановить нажимное кольцо по поверхности *Б* Обточить конус под 3°	См. переход 3	Проходной резец Фланцмер
5	Проточить конус под 33° и профильную канавку		Специальный резец Микрометр
6	Проточить закругления	См. переход 5	Радиусный резец Радиусные шаблоны

Технологический процесс механической обработки нажимных колец (второй способ)

Номер перехода	Наименование перехода	Эскиз обработки	Инструмент
1	Крепить нажимное кольцо по наружной цилиндрической поверхности Подрезать торец, выточить канавку и расточить отверстие		Расточной резец Канавочный резец Линейка Штихмасс
2	Переустановить нажимное кольцо, крепить по внутренней цилиндрической поверхности Обточить, подрезать торец и проточить предварительно конус под 30°		Проходной резец Специальный резец Штангенциркуль Линейка Шаблон 30°
3	Обточить базовую цилиндрическую поверхность *Б*		Подрезной резец Специальный резец Штангенциркуль Шаблон 30°
4	Проточить окончательно конус под 30°		
5	Проточить закругления в канавке		
6	Обточить конус под 3°		Проходной резец Радиусный резец Шаблон 3 и 33° Радиусный шаблон
7	Проточить закругление при вершине конуса		

Таблица 16

Технологический процесс механической обработки втулки коллектора

Номер перехода	Наименование перехода	Эскиз обработки	Инструмент
1	Установить втулку и выверить Подрезать торец и ступицу, обточить наружную и расточить внутренние цилиндрические поверхности		Проходной резец Подрезной резец Линейка Штангенциркуль
2	Переустановить втулку и закрепить ее по наружной цилиндрической поверхности Обточить наружную поверхность, подрезать торец, проточить предварительно конус под 30° и расточить внутренние цилиндрические поверхности		Проходной резец Подрезной резец Специальный резец Линейка Штихмасс с микрометрической головкой Микрометр
3	Обточить базовую цилиндрическую поверхность *Б*		Проходной резец Специальный резец Расточной резец Линейка Штихмасс с микрометрической головкой Микрометр Радиусный шаблон
4	Проточить окончательно конус под 30°		
5	Проточить закругления		
6	Расточить внутреннюю цилиндрическую поверхность		
7	Обточить конус под 3°		Проходной резец Радиусный шаблон Шаблон 3 и 33° Радиусный шаблон
8	Проточить закругление при вершине конуса		

§ 12. Омиканичивание нажимных колец и коллекторных втулок

Для изготовления миканитовых манжет служат специальные прессформы. Если манжеты имеют диаметр до 700 *мм*, их делают в виде цельных колец; если больше 700 *мм* — их делят на сегменты. Стенки манжет имеют толщину 2—3 *мм*. Допуск на среднюю толщину стенок по конусу 30° принят в пределах $^{+0,15}_{-0,10}$ *мм*, а по конусу 3° — в пределах $^{+0,20}_{-0,10}$ *мм*. В отдельных точках допускаются отклонения от средней фактической толщины до $\pm$0,20 *мм*.

Накладывать миканит на нажимные кольца и втулки крупных коллекторов можно двумя способами. По одному способу миканитовые манжеты наклеивают на конические поверхности нажимных колец и втулок, а затем их обутюживают. По второму способу манжеты дополнительно опрессовывают, выпекают, а затем механически обрабатывают на нажимных кольцах и втулках.

Омиканичивание по первому способу. Омиканичивание нажимных колец и втулок сегментными манжетами производится по следующей технологии.

После тщательной зачистки от заусенцев и возможных забоин конические поверхности колец и втулок протирают чистой ветошью, затем пригоняют на них стыки сегментов (рис. 66). Зазоры в стыках не должны превышать 0,5—1,0 *мм*. Пригнанные сегменты маркируют.

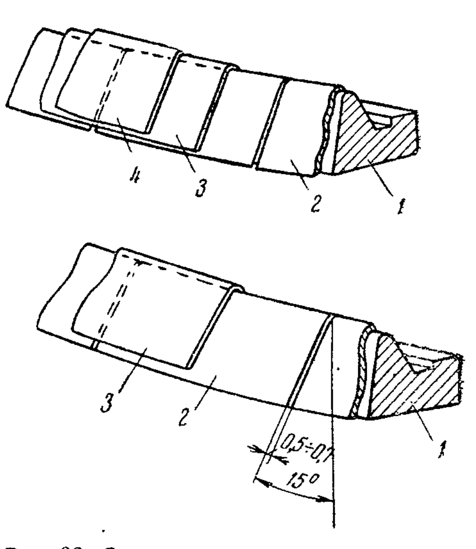


Рис. 66. Схема наложения миканитовых сегментов на нажимные кольца

1 — нажимное кольцо; 2 — первый ряд манжет; 3 — второй ряд манжет; 4 — третий ряд манжет

Конические поверхности кольца и втулки и внутренние поверхности сегментов покрывают лаком № 88 [1] и просушивают на воздухе в течение 40—50 мин. После этого на конические поверхности кольца и втулки накладывают пронумерованные миканитовые сегменты первого ряда, подвергают их путем утюжки непродолжительному нагреву до 110—115°С, прошкуривают и протирают чистой ветошью. Затем к наклеенному таким образом первому ряду

---

[1] Лак № 88 — смешанный глифталево-бакелитово-касторовый термореактивный склеивающий и цементирующий лак.

миканитовых сегментов пригоняют стыки второго ряда сегментов. Наклеивают сегменты этого ряда так же, как и сегменты первого ряда, но внимательно следят при этом, чтобы стыки сегментов второго ряда были смещены по отношению к стыкам сегментов первого ряда на половину длины сегмента. При трехрядном наслоении манжеты каждого ряда накладывают со смещением, равным третьей части длины сегмента.

Цельные манжеты накладывают на нажимные кольца и втулки коллектора также после нанесения лака № 88 на сопрягаемые конические поверхности.

Омиканичивание по второму способу. Как и по первому способу, миканитовые сегменты накладывают в два-три слоя с пере-

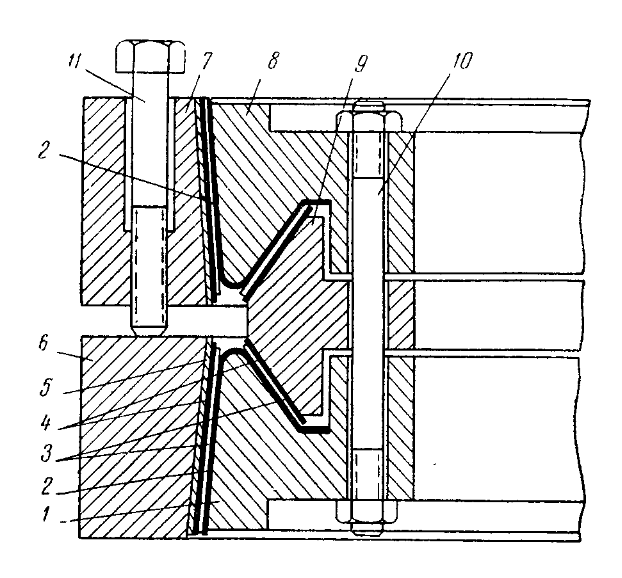


Рис. 67. Приспособление для опрессовки и выпечки миканитовых манжет.

крытием их стыков. Сопрягаемые конические поверхности предварительно подготавливают с пригонкой стыков манжет. После этого сегменты каждого ряда маркируют. Вырезают по шаблонам полоски из прессшпана, асбеста и миканита. Конические поверхности нажимного кольца, сегменты и миканитовые полоски в местах соединения смазывают глифталево-бакелитовым лаком и просушивают на воздухе в течение 20—30 мин.

Для опрессовки и выпечки миканитовых манжет пользуются приспособлением, изображенным на рис. 67. На нажимное кольцо *1* наклеивают в порядке записанной нумерации сегменты *2*. На них в свою очередь наклеивают полоски миканита *3*, затем устанавливают посыпанные тальком полоски асбеста *4* и полоски прессшпана *5*. Стыки этих полосок выполняют под углом 45° с зазором

0,5—0,7 *мм*. Установленные на нажимном кольце сегменты и полоски стягивают киперной лентой.

На омиканиченное таким образом нажимное кольцо *1* устанавливают наружное обжимное кольцо *6*, на которое обратным конусом накладывают второе обжимное кольцо *7*.

На подготовленное подобно кольцу *1* второе нажимное кольцо *8* накладывают внутреннее прессующее кольцо *9*, после чего нажимные кольца стягивают временными шпильками *10*. Затем нажимное кольцо *8* с кольцом *9* поворачивают и накладывают на нажимное кольцо *1*. При этом следят за совпадением отверстий в нажимных кольцах, чтобы обеспечить прохождение шпилек *10*. Стяжных винтов *11* должно быть не менее половины числа шпилек *10*.

Затем приступают к опрессовке и запечке манжет. Манжеты опрессовывают сначала по конусу 30°, а затем по конусу 33°. Опрессовку и выпечку нажимных колец с установленными на них миканитовыми сегментами выполняют в следующем порядке: 1-я запечка при 120°С в течение 3 час., 2-я запечка при 150°С в течение 4 час., 3-я запечка при 180°С в течение 16 час. Во время каждой из трех запечек опрессовку производят дважды: в первый раз в горячем, во второй раз в холодном состоянии. Время, необходимое для нагрева манжеты в приспособлении до заданной температуры, в указанную выше продолжительность запечек не включено.

Опрессованный и запеченный миканит подвергается после этого такой же механической обработке, как и нажимное кольцо. Порядок обработки можно проследить по рис. 68. Сначала обрабатывают наклеенные на манжету *1* (на конусе 30°) миканитовые полоски *2*, потом — такие же полоски на конусе 33°, затем растачивают посадочное отверстие нажимного кольца *3*. Для проверки конусов применяют универсальные фланцмеры и специальные шаблоны (табл. 15 и рис. 65).

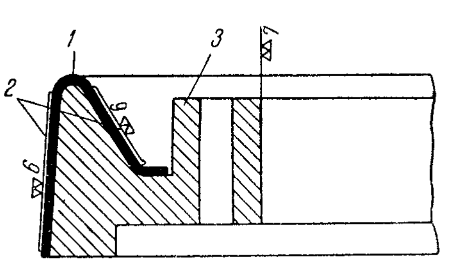


Рис. 68. Поверхность омиканиченного нажимного кольца, подвергаемая механической обработке.

Основное назначение опрессовки, выпечки и последующей механической обработки манжет на нажимных кольцах заключается в получении перед сборкой коллектора выпеченного миканита не только между коллекторными пластинами, но и на манжетах. Выпеченные манжеты стабилизируют миканит на нажимных кольцах.

Сопоставив друг с другом оба описанных способа омиканичивания нажимных колец и коллекторных втулок, мы не можем не отдать предпочтения второму способу. Опрессовка и механическая обработка манжет значительно повышает качество коллекторов; обработанный миканит в этом случае более равномерно накладывается на конусы коллектора.

Высокое качество выпечки и опрессовки манжет на нажимных кольцах подтверждается наличием металлического звука при простукивании миканита молотком.

§ 13. Сборка, статическая и динамическая формовка коллекторов

Сборка. Перед сборкой необходимо устранить все перемычки (затяжки) между коллекторными пластинами, образующиеся в цилиндре меди при механической обработке конусов; омиканиченные нажимные кольца и втулки следует тщательно зачистить, продуть воздухом и протереть ветошью, смоченной в спирте или бензине.

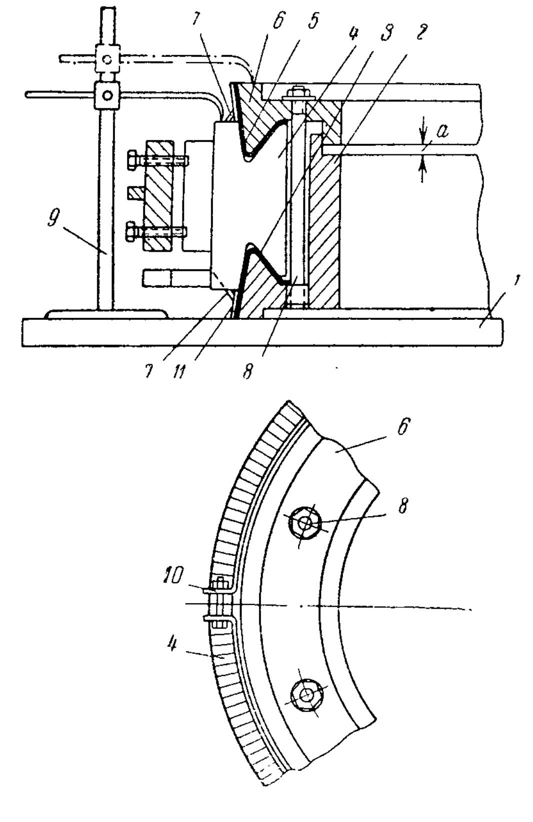


Рис. 69. Схема сборки, опрессовки и выверки крупных коллекторов.

Сборку коллектора начинают с того, что на сборочную плиту *1* (рис. 69), тщательно протертую чистой ветошью, ставят коллекторную втулку *2*, на конус которой накладывают манжету *3*. Затем на манжету устанавливают петушками вниз цилиндр меди *4*. На верхний конус цилиндра меди накладывают вторую манжету *5* и устанавливают нажимное кольцо *6*. Зазоры между манжетой и цилиндром меди по конусу 3° с обеих сторон коллектора обматывают киперной лентой *7*, препятствующей попаданию пыли в коллектор.

Предварительно закрепив втулку *2* и нажимное кольцо *6* шпильками *8*, проверяют рейсмасом *9* параллельность торцовой поверхности кольца относительно сборочной плиты. Допускаются следующие отклонения от параллельности: 1,5 *мм* для коллекторов диаметром до 400 *мм* и 2 *мм* для коллекторов свыше 400 *мм*. Выступающую часть манжеты по конусу 3° посредством болтов *10* обжимают через картонную прокладку стальным ленточным поясом *11*. При сборке коллекторов

необходимо соблюдать чистоту рабочих мест, одежды и рук рабочих. Различные загрязнения, в особенности металлическая пыль и мелкая стружка, попадая в коллектор, снижают его качество и могут явиться причиной серьезных аварий при эксплуатации электрических машин. Поэтому участок сборки коллекторов должен быть изолирован от металлорежущего оборудования и других источников загрязнения.

Статическая формовка. Основное назначение опрессовки и выпечки собранного коллектора заключается в стабилизации всех его деталей. При качественной формовке цилиндра меди диаметр собранного коллектора практически не должен изменяться.

Прежде чем приступить к статической формовке собранного коллектора, подтягивают болты (шпильки), причем подтяжку производят не подряд по окружности, а крестообразно, с одинаковым

Таблица 17

Расчетные данные для выбора длины ключа и допускаемого усилия при креплении болтов и шпилек из стали 35 с основной метрической резьбой [1]

Наружный диаметр резьбы *мм*	Длина ключа *мм*	Предельно допускаемое усилие на рукоятку ключа, *кГ*	Примечание
6	100	4	Нормализованные длины ключей
8	125	7,5	
10	140	13,5	
12	170	20	
14	210	30	
16	240	40	
18	240	48	
20	315	60	Специальные длины ключей, взятые из расчета усилия одного рабочего в 60 *кГ*
22	375		
24	450		
27	685		
30	920		
36	1035		
42	1220		

усилием, указанным в чертеже. При отсутствии таких указаний величину усилия подтяжки и соответствующую ему длину ключа рекомендуется выбирать по табл. 17.

Указанные в таблице усилия подтяжки должны быть уменьшены для коллекторов, медь которых изношена в процессе эксплуатации машин. В противном случае может произойти продольный изгиб коллекторных пластин (бочкообразность коллектора).

[1] Энциклопедический справочник «Машиностроение», том 2, 1948.

При подтяжке следует проверять положение торца нажимного кольца коллектора. Эту проверку проделывают штангенциркулем от торца цилиндра меди или рейсмасом от плиты. Затем у коллекторов диаметром свыше 800 *мм* проверяют величину зазора *a* между нажимным кольцом и втулкой (рис. 69). Эту проверку выполняют после подтяжки болтов или гаек в холодном состоянии.

Статическую формовку собранного коллектора производят в электропечах колокольного типа, подобно выпечке цилиндра меди коллектора. Режимы формовки миканита на глифталевых лаках приведены в табл. 18. Продолжительность нагрева коллектора до заданных температур в ней не учтена.

После формовки с коллектора снимают опрессовочное приспособление (еж). Как показывают тензометрические исследования, напряжения в резьбовых соединениях при этом возрастают до 30%, что должно быть учтено при расчете усилий опрессовки.

Таблица 18

Режимы запечки и опрессовки коллекторов

Характеристика манжет	1-я запечка		2-я запечка		3-я запечка	
	Температура, °С	Продолжительность, часы	Температура, °С	Продолжительность, часы	Температура, °С	Продолжительность, часы
Сегментные, на нажимных кольцах и втулках	130	4	150	5	160	6
Цельные, на нажимных кольцах и втулках . . .	130	3	150	4	160	5
Выпеченные, на нажимных кольцах	140	3	160	4	—	—

Примечание. Во время каждой из запечек опрессовку производят дважды: первый раз в горячем, второй раз в холодном состоянии.

Коллектор, прошедший статическую формовку, обрабатывают по наружной поверхности, статически балансируют и передают на динамическую формовку.

Температуру формовки коллекторов с миканитовыми манжетами на кремнийорганических лаках доводят до 200°С; при этом продолжительность запечки увеличивают на 30—40% по сравнению с той, которая принята для манжет на глифталевых лаках, а петушки припаивают промежуточными или твердыми припоями.

Динамическая формовка. Этот вид формовки коллекторов служит для окончательной стабилизации коллекторных пластин. Если

коллектор статически недостаточно отформован, то в процессе динамической формовки коллекторные пластины будут дополнительно перемещаться в нем под действием центробежных сил. В случае такого перемещения пластин выбирают все наиболее слабые места коллектора (возможные степени свободы) и на этом завершают его стабилизацию.

По данным отечественных заводов, динамической формовке (разгону) подлежат статически отбалансированные коллекторы, у которых окружная скорость превышает 10 *м/сек*. Однако отдельные зарубежные электромашиностроительные фирмы подвергают разгону все коллекторы, независимо от скорости их вращения.

В настоящее время динамическая формовка крупных коллекторов осуществляется двумя способами: 1) в специальных электрических печах (разгонных установках); 2) посредством трения деревянными колодками.

Динамическая формовка в электрических печах широко распространена для коллекторов всех размеров. Некоторые заводы в настоящее время располагают разгонными установками для коллекторов диаметром до 2500 *мм* по петушкам. На рис. 70 показана одна из таких конструкций для крупных коллекторов.

Нижнее основание *1* закреплено на фундаментной плите *2*. Внутри нижнего основания смонтированы нагревательные элементы *3*, защищенные сеткой *4*. Коллектор *5* сначала устанавливают на разгонный вал *6*, закрепляют гайкой *7* и статически балансируют. На петушки, длина которых превышает 300 *мм*, перед балансировкой надевают кожух *8*.

Собранный таким образом разгонный вал с коллектором ставят на скользящие подшипники *9*. Затем на конец вала надевают шкив *10* для тексропной передачи от электродвигателя *11*. Установку закрывают крышкой *12* и запускают для динамической формовки. Натяжение тексропного ремня *13* осуществляется благодаря повороту качающейся площадки *14* от винта *15*.

Опишем технологию динамической формовки в разгонных установках.

Первый режим. Коллектор запускают на максимальное рабочее число оборотов, соответствующее типу машины, включают электрический подогрев при $120^{+10^\circ C}_{-5^\circ C}$, число оборотов коллектора повышают на 25% относительно ранее установленного, выдерживая его в течение двух часов, после этого отключают электроподогрев печи, а число оборотов коллектора снижают до нормального. Затем формовку прекращают для определения радиально смещенных пластин и подтяжки болтов (шпилек).

Пластины коллектора, смещенные больше чем на 0,03 *мм*, отмечают мелом и повторяют первый режим формовки до тех пор, пока радиальное смещение пластин при вторичной формовке не придет в норму. Если смещение пластин превышает 0,1 *мм*, необходимо обточить коллектор и повторно провести динамическую формовку.

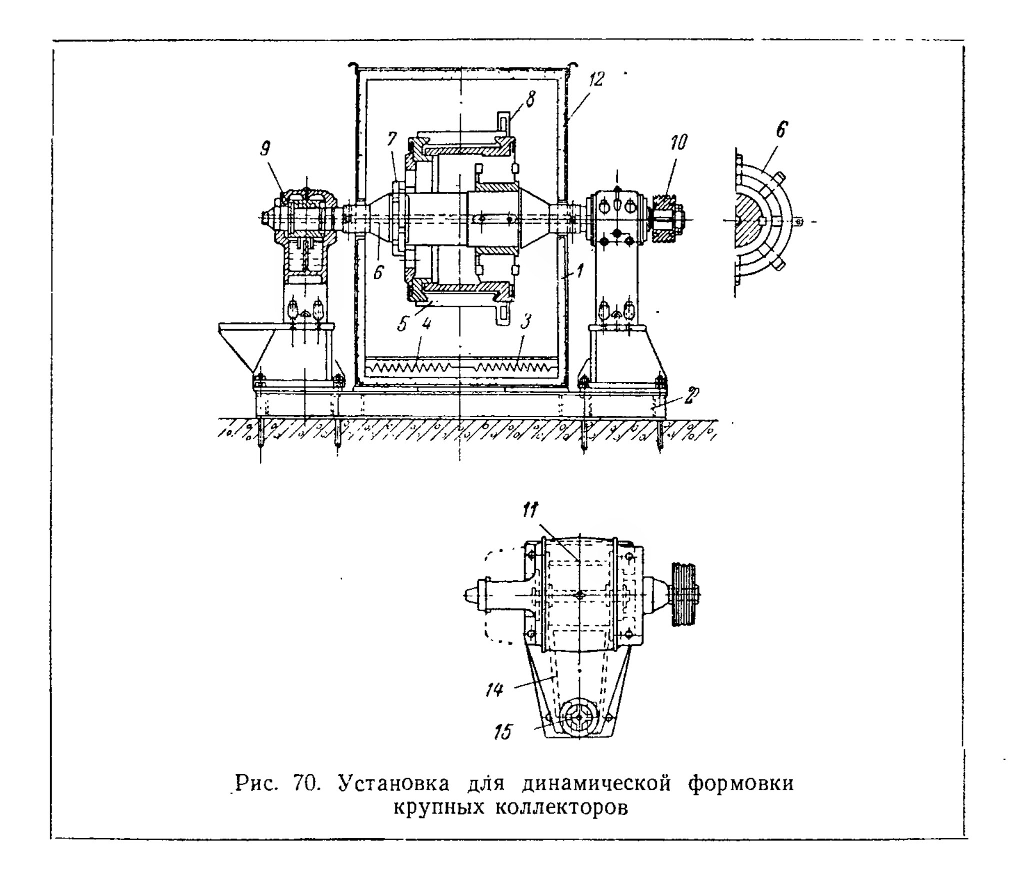
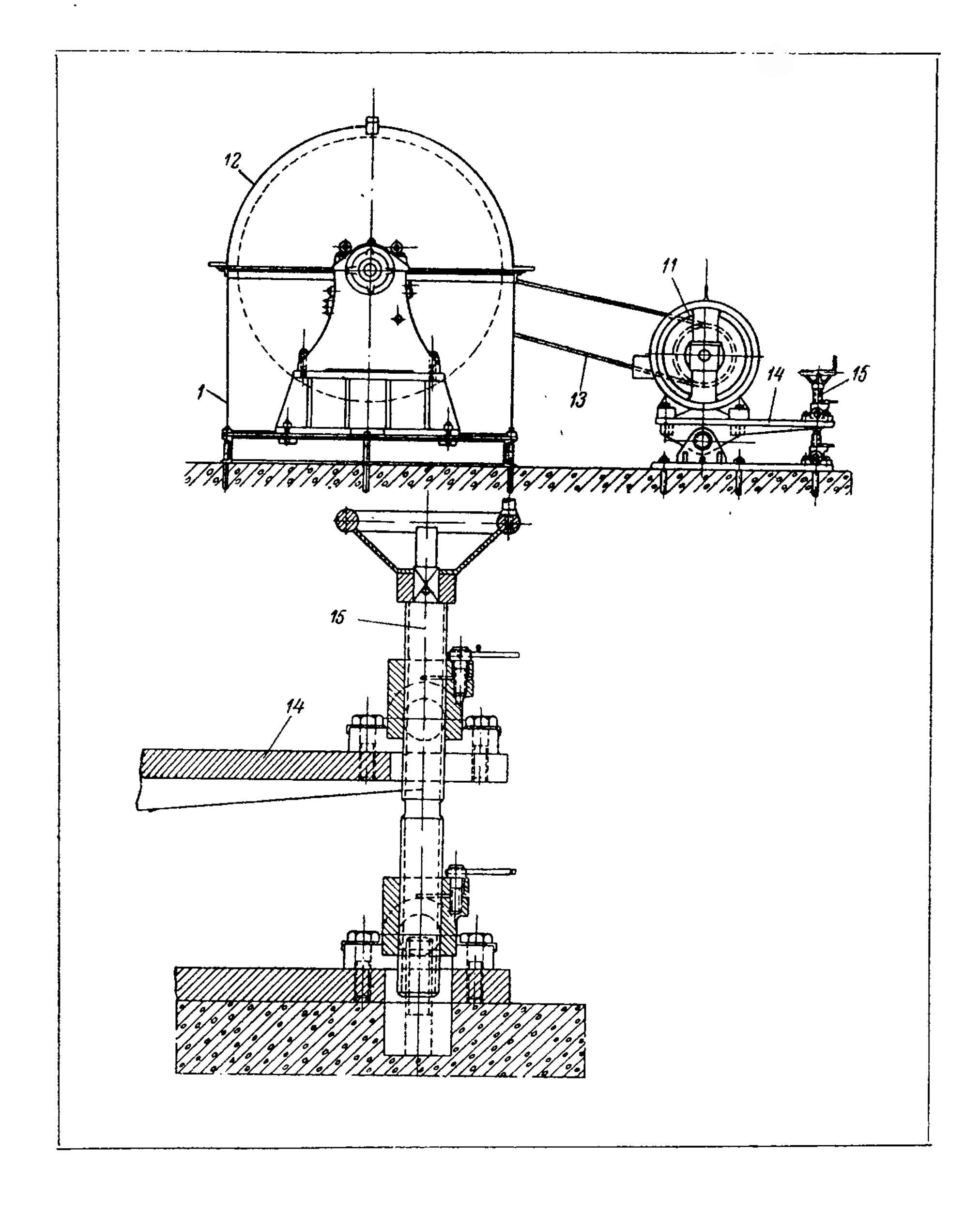


Рис. 70. Установка для динамической формовки крупных коллекторов

Второй режим отличается от первого лишь температурой нагрева, которая составляет 150 +5°C. [1]

Динамическую формовку коллекторов посредством трения деревянными колодками применяют сравнительно редко. Но иногда ею пользуются на испытательных стендах применительно как к готовой машине, так и к отдельному коллектору, насаженному на разгонный вал. При этом виде формовки (рис. 71) на коллектор *1*, находящийся в готовом якоре, надевают плоский ремень *2* с деревянными колодками *3*. Один конец ремня жестко прикрепляют к фундаментной плите. На второй конец ставят натяжное устройство, состоящее из рамки *4*, болтов *5* и ползунка *6*. На этом установку коллектора в разгонное устройство заканчивают и приступают к проверке биения коллектора в холодном состоянии при скорости вращения 0,5 *м/сек*. Места, предназначенные для измерения индикатором, за-

[1] Формовку коллекторов на кремнийорганических лаках производят при 140—180°С; длится она столько же, сколько формовка коллекторов на глифталевых лаках.



ранее обусловливают в протоколе. Затем накладывают на коллектор ремень с колодками. Скорости вращения коллектора выбирают по возможности такими, чтобы они были близки к рабочим скоростям электрической машины.

Регулируя натяг ремня с колодками, поднимают температуру коллектора до 120—130°C; после этого коллектор запускают на формовку в течение двух-трех часов, не допуская при этом обугливания колодок.

Температуру коллектора контролируют термометром или термопарой, прикладываемой непосредственно к коллектору после его остановки. После формовки определяют величину биения коллектора, замеряют температуру и полученные данные заносят в протокол.

Затяжку болтов проверяют ключом с динамометром или простым ключом, длину которого можно выбрать по табл. 17, исходя из прочности резьбы. Усилие затяжки болтов принимают таким же, как при опрессовке коллектора.

Если при формовке коллектора разница между биениями в холодном и горячем состоянии превышает 0,04 *мм,* следует произвести подпрессовку нажимного кольца под прессом; с затяжкой гаек.

Радиально смещенные пластины отмечают на нерабочей поверхности коллектора мелом, после чего повторяют формовку до тех

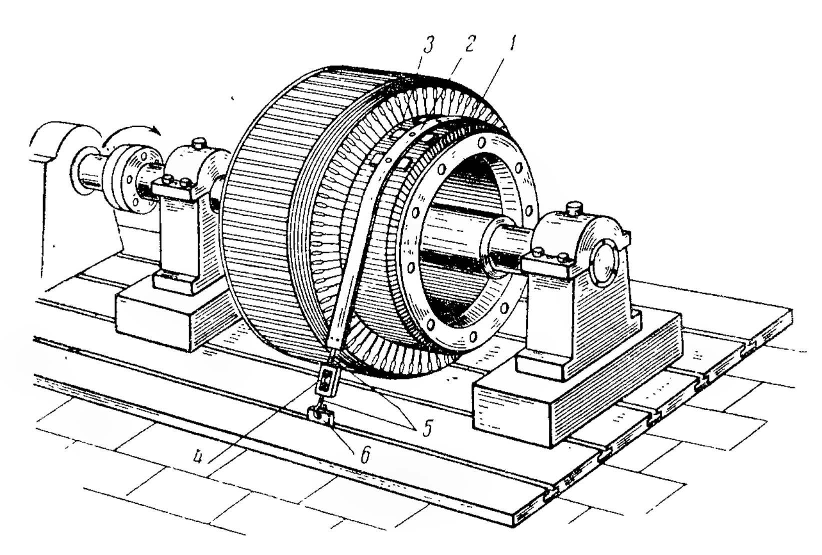


Рис. 71. Установка для динамической формовки трением

пор, пока разница между биениями в холодном и горячем состоянии не окажется меньше 0,03 *мм.*

Если в процессе формовки биение коллектора превысит 0,15 *мм,* следует формовку прекратить, подтянуть болты, обточить коллектор и повторить формовку до получения допускаемого смещения пластин.

Во всех случаях динамической формовки режимы фиксируются в протоколах и хранятся совместно с материалами испытаний машин.

Стабильность отформованного коллектора определяют тремя способами:

а) непосредственным измерением индикатором величины биения коллектора в горячем и холодном состоянии;

б) определением смещения пластин по цветам побежалости при формовке коллектора трением деревянными колодками;

в) определением податливости гаек при подтяжке после формовки.

Первые два способа дают наглядное представление о степени надежности крепления коллекторных пластин при динамической формовке. Их применение связано с необходимостью обтачивать коллектор (на токарном или карусельном станке, или же посредством переносного суппорта, на стенде), если смещение пластин превышает норматив больше чем на 0,15 *мм*.

Третий способ не может быть рекомендован, ввиду того, что при нем стабилизация коллектора проверяется на податливость не коллекторных пластин, а гаек.

Анализируя способы динамической формовки коллекторов, нужно отметить, что формовка колодками ставит коллектор в условия, близкие к фактическим условиям предстоящей ему работы и создает больший нагрев на тех пластинах, которые недостаточно прочно закреплены в коллекторе, тем самым ускоряя его стабилизацию.

Однако динамическая формовка коллекторов в специальных электрических печах, как более простая и менее трудоемкая, находит себе все большее распространение.

§ 14. Продораживание

Фрезерование на миканитовых прокладках продольных канавок глубиной 1,5—2,0 *мм*, или так называемое продораживание, производится после пропитки обмотанного якоря, так как заранее отфрезерованные канавки заполнились бы в процессе пропитки лаком, удалить который было бы нелегко.

Продораживание предотвращает появление на рабочей поверхности коллектора слюды, как следствие износа коллекторных пластин при эксплуатации электрической машины. Если бы не было продораживания, выступающая из миканитовых прокладок слюда ухудшила бы контакт между угольными щетками и коллектором, усилила бы износ щеток и искрение на коллекторе.

Продораживанию предшествует предварительное обтачивание цилиндра меди коллектора, оставляющее для окончательного обтачивания цилиндра крупных коллекторов припуск от 0,4 до 0,6 *мм* на диаметр.

На рис. 72 показана применяющаяся на заводе «Электросила» установка для продораживания коллекторов крупных электрических машин индивидуального исполнения.

Якорь электрической машины с коллектором устанавливают на роликовые стойки *1* и *2*. Поворот якоря осуществляется по мере надобности роликами *3* стойки *1*. Для этого электродвигатель *4* через цилиндрические зубчатые колеса *5*, *6* и *7* передает вращение

червяку *8*, а от него получают движение ролики *3*, средняя часть которых представляет собой червячное колесо.

Переносная пусковая кнопка *9* освобождает рабочего от необходимости ручного поворота тяжелого якоря.

Для обеспечения горизонтального положения оси вала якоря в стойке *2* имеется вертикальный подъем роликов *10* посредством домкрата *11*. Чтобы сделать возможной установку на стойках якорей с валами различной длины, предусмотрено передвижение стойки *2*

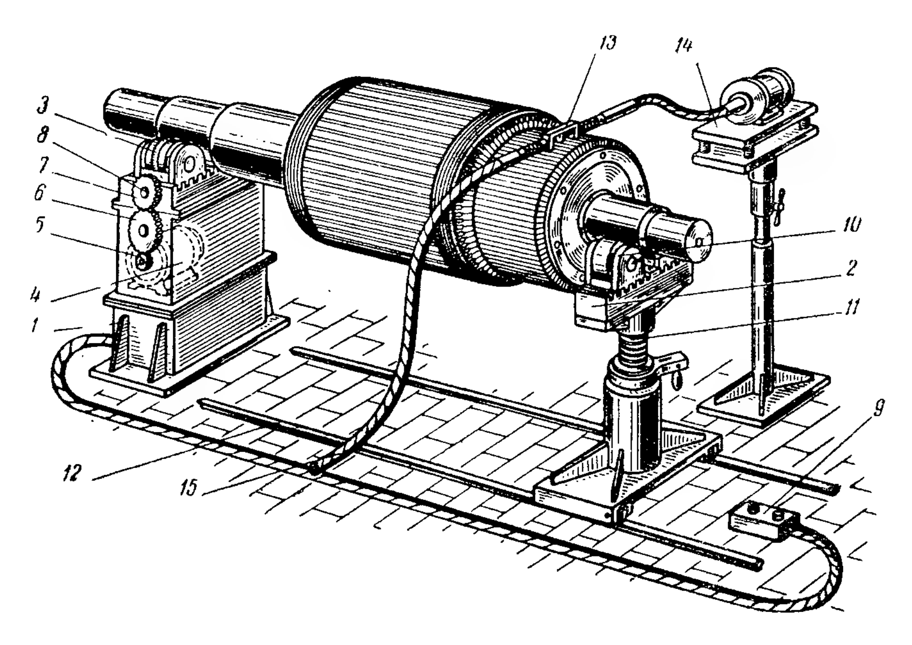


Рис. 72. Установка для продораживания коллекторов крупных машин

по рельсам *12*. А чтобы сделать возможной установку на стойках якорей с валами разных диаметров, для роликов *3* и *10* предусмотрено по несколько разных реечных впадин.

Продораживание производят машинкой *13*, связанной гибким валиком с электродвигателем, установленным на поворотно-качающемся приспособлении *14*. Мелкие отходы слюды, появляющиеся при продораживании, удаляются пылесосом через шланг *15*.

Конструкция машинки для продораживания приведена на рис. 73. Для обеспечения надежной работы машинки необходимо, чтобы внутренний гибкий валик, переходный валик и шпиндель были тщательно пригнаны друг к другу. Шпиндель и переходный валик должны быть изготовлены из инструментальной стали.

Приспособление для продораживания коллекторов (рис. 74, *а*) широко используется не только заводами-изготовителями электрических машин постоянного тока, но и предприятиями, эксплуатирующими эти машины. Чтобы предупредить изгиб гибкого валика

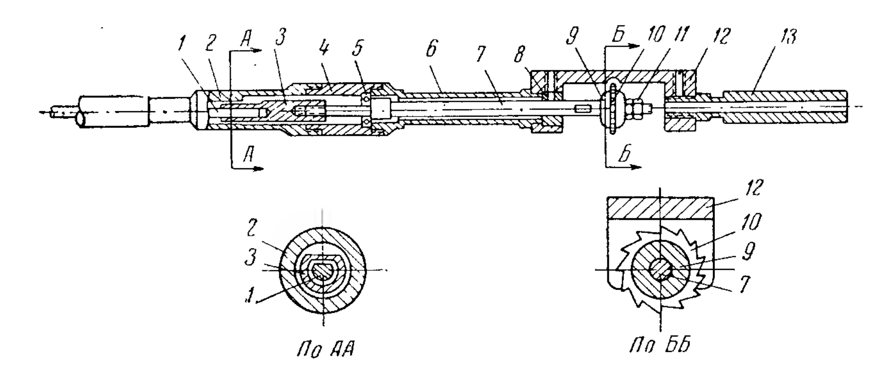


Рис. 73. Машинка для продораживания коллекторов

1 — внутренний гибкий валик; 2 — наконечник на наружном гибком валике; 3 — переходный валик; 4 — переходная втулка; 5 — шарикоподшипник; 6 — втулка-рукоятка; 7 — шпиндель; 8 — скользящий подшипник; 9 — съемные кольца крепления фрезы; 10 — фреза; 11 — гайка; 12 — корпус; 13 — рукоятка

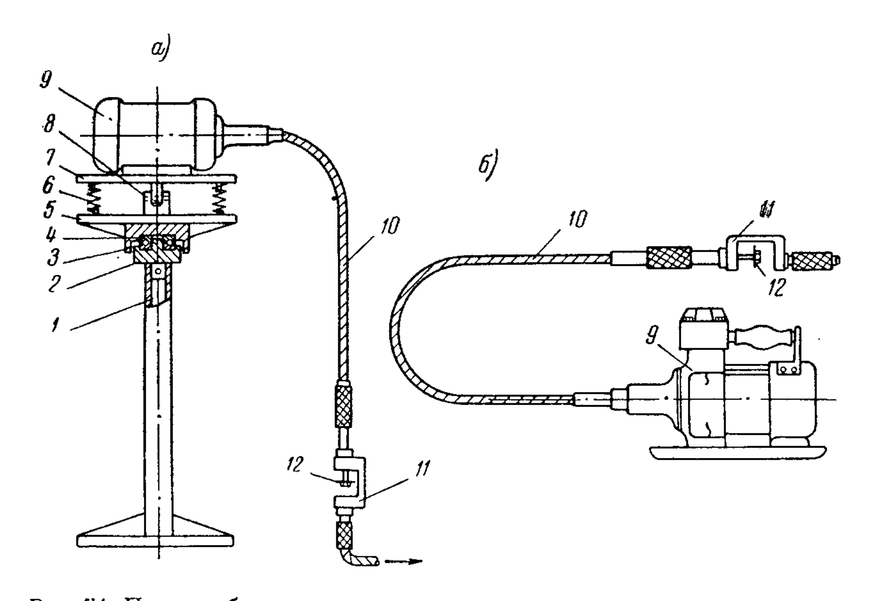


Рис. 74. Приспособления для продораживания коллекторов: *а* — с электродвигателем на поворотно-качающемся основании; *б* — со специальным электродвигателем и гибким валиком производства Ярославского машиностроительного завода

1 — стойка; 2 — вставка в стойке; 3 — шпонка в кольцевой канавке; 4 — упорный шарикоподшипник; 5 — поворотное основание; 6 — пружина; 7 — качающееся основание; 8 — ось качания; 9 — электродвигатель; 10 — гибкий валик; 11 — машинка; 12 — фреза

под излишне большим углом, что может наблюдаться, в частности, при продораживании длинных коллекторов, электродвигатель устанавливают на специальное поворотно-качающееся основание.

На рис. 74, *б* представлен электродвигатель, изготовляемый комплектно с гибким валиком и предназначенный для строительных работ. Его можно с успехом использовать для продораживания коллекторов, если заменить головку со шлифовальным камнем машинкой для продораживания, как это показано на нашем рисунке.

В серийном производстве для продораживания коллекторов применяют специальные станки, конструкция одного из которых представлена на рис. 75.

В тех случаях, когда пластины на коллекторе имеют перекос, необходимо при продораживании миканита корректировать направ-

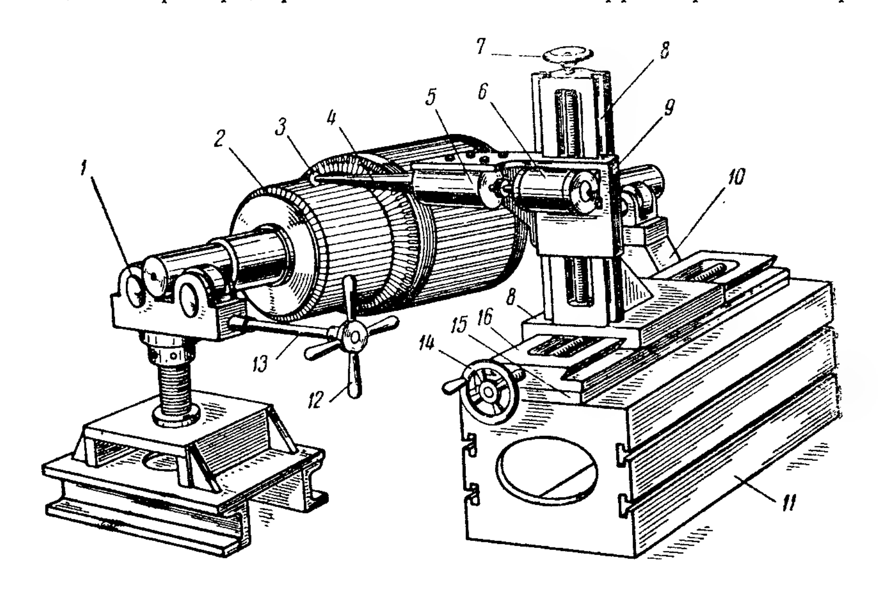


Рис. 75. Станок для продораживания коллекторов

1 — роликовая стойка; 2 — коллектор; 3 — дисковая фреза; 4 — шпиндель; 5—шпиндельная головка; 6 — электродвигатель; 7 — маховик; 8 — суппорт продольного перемещения; 9 — суппорт вертикального перемещения; 10 — роликовая стойка; 11 — чугунная тумба; 12 — штурвал; 13 — валик, соединяющийся с червяком; 14 — маховик; 15 — плита; 16 — направляющая

ление движения фрезы. Для этого на станке предусмотрена возможность поворота в горизонтальной плоскости направляющих относительно плиты. При фрезеровании канавок следует тщательно наблюдать за направлением фрезы и в случае необходимости производить подналстройку головки. В качестве режущего инструмента для продораживания коллекторов применяют дисковые фрезы диаметром 16, 25, 27, 32 *мм* и толщиной 0,5; 0,8; 1,0 *мм*. Профильную часть фрез штампуют из ленточной стали 65Г. Фрезы подвергают закалке на твердость $HR_C = 55 \div 58$, а затем затачивают.

§ 15. Обтачивание

Как показывает опыт, чистота поверхности коллектора влияет на его коммутацию. С понижением чистоты поверхности коммутация ухудшается, повышается также износ угольных щеток.

Если обтачивать коллектор твердосплавными резцами с относительно невысокими скоростями резания и большими длинами обработки, чистота поверхности получается недостаточно высокой.

На заводе «Электросила» была исследована чистота поверхности коллекторных пластин после чистового точения коллектора резцом, оснащенным твердым сплавом ВК8 (рис. 76), при подаче $s = 0{,}1$ *мм/об* и скорости резания $v = 400$ *м/мин,* а также после дополнительного трехминутного шлифования на тех же скоростях шкуркой, закрепленной в деревянной колодке.

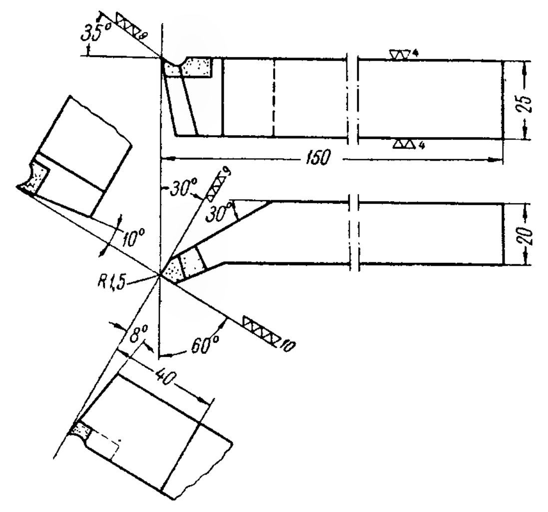


Рис. 76. Резец с твердосплавиой пластинкой ВК8 для чистового обтачивания коллекторов

Измеренная на микроскопе МИС-11 посредством слепков чистота поверхности, обработанной одним лишь резцом, соответствовала 5—6 классу по ГОСТ 2789-51. Величина завалов на пластинах, установленная с помощью специального приспособления со встроенным оптиметром (рис. 77), не превышала 2 *мкм,* а волнистость на длине 40 *мм,* проверенная на этом же приспособлении, составляла около 11 *мкм.*

После шлифования шкуркой чистота поверхности повысилась до 6 и местами до 7 класса, но завалы на пластинах увеличились до 3—4 *мкм*; волнистость почти не изменилась.

На другом коллекторе, обработанном на испытательном стенде резцом, оснащенным алмазом, при $v \approx 1500$ *м/мин* и ручной подаче ($s \approx 0{,}05$ *мм/об*), были получены следующие результаты: чистота поверхности по 9 классу, завалы на пластинах не превышают 1 *мкм,* наибольшая волнистость на длине 40 *мм* составляет 5—6 *мкм.*

Приведенные данные свидетельствуют прежде всего о вреде продолжительного шлифования коллектора шкуркой. Ее шлифующее действие сильнее всего проявляется на участках коллекторных пластин, расположенных вблизи канавок, что увеличивает завалы. Поэтому шлифование шкуркой должно быть кратковременным; целевым назначением его следует считать лишь зачистку заусенцев, образующихся при снятии фасок с пластин после обтачивания коллектора.

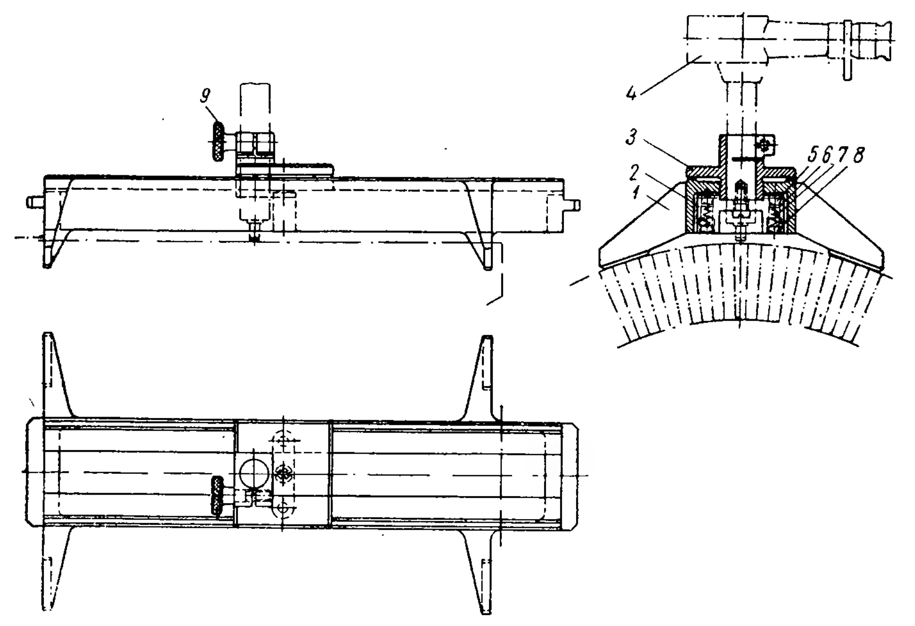


Рис. 77. Приспособление с оптиметром для проверки завалов и волнистости на коллекторных пластинах

1 — корпус; 2 — планка; 3 — ползун; 4 — трубка оптиметра; 5 — шарик; 6 — шайба; 7 — пружина; 8—10 — винты

Хорошие результаты дает точение резцом, оснащенным алмазом. При этом чистота поверхности коллекторных пластин значительно повышается, а скорость вращения коллектора в процессе резания приближается к той, на которой будут работать угольные щетки. Применение инструментов, оснащенных алмазами, можно особенно рекомендовать для коллекторов быстроходных электрических машин.

Следует, однако, отметить, что использование на высоких скоростях резания резцов, оснащенных алмазами, обусловливает необходимость тщательной балансировки якорей. В противном случае возникают вибрации, вредно отражающиеся на чистоте поверхности коллекторов. Поэтому в технологии обработки якорей должно быть предусмотрено, чтобы готовый якорь с предварительно обточенным коллектором сначала подвергался динамической балансировке, а уже затем обтачивался.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ПРОИЗВОДСТВО ВТУЛОЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ С БАНДАЖНЫМИ КОЛЬЦАМИ

§ 16. Характеристика коллекторов с бандажными кольцами

Коллекторы с бандажными кольцами бывают либо однопролетными — с двумя бандажными кольцами, либо двухпролетными — с тремя бандажными кольцами.

В отличие от коллекторов арочного типа, коллекторы с бандажными кольцами удовлетворяют двум важным требованиям: сжатию между собою коллекторных пластин на всех режимах работы машины и сохранению коллектором, независимо от его длины, цилиндрической рабочей поверхности при нагреве. Если в коллекторах

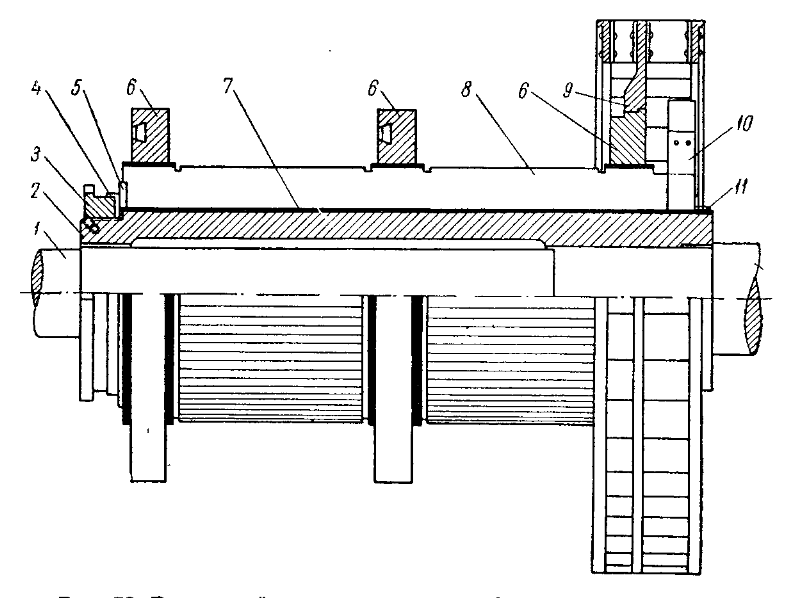


Рис. 78. Втулочный коллектор с тремя бандажными кольцами

1 — вал; 2 — конусная втулка; 3 — гайка; 4 — металлическая шайба; 5 — изоляционная шайба; 6 — бандажное кольцо; 7 — миканитовая изоляция на втулке; 8 — цилиндр меди; 9 — вентилятор; 10 — петушки; 11 — шнуровой бандаж

арочного типа наибольшие давления испытывают миканитовые манжеты на конусах 30°, то в коллекторах с бандажными кольцами наибольшие давления принимает на себя подбандажный поясковый миканит.

Коллекторы с бандажными кольцами применяются главным образом в машинах, скорость вращения которых превышает 3—4 тыс. *об/мин* при мощности свыше 15 *квт*.

Выполнимость коллекторов с бандажными кольцами характеризуется зоной, расположенной вправо от кривых, приведенных на рис. 56, *б*. Устанавливают такие коллекторы, в частности, на возбудителях турбогенераторов, имеющих $n = 3000$ *об/мин*.

Коллекторы с бандажными кольцами подразделяются на втулочные и мембранные.

Одна из конструкций втулочных коллекторов турбовозбудителей приведена на рис. 78. Между валом и цилиндром меди коллектора имеется конусная втулка с изоляцией, закрепленная гайками.

В последние годы получила распространение более прогрессивная конструкция подвесного или так называемого мембранного коллектора с бандажными кольцами (рис. 79). Коллектор закрепляется на валу посредством мембран (опорных колец), изолированных от коллекторных пластин.

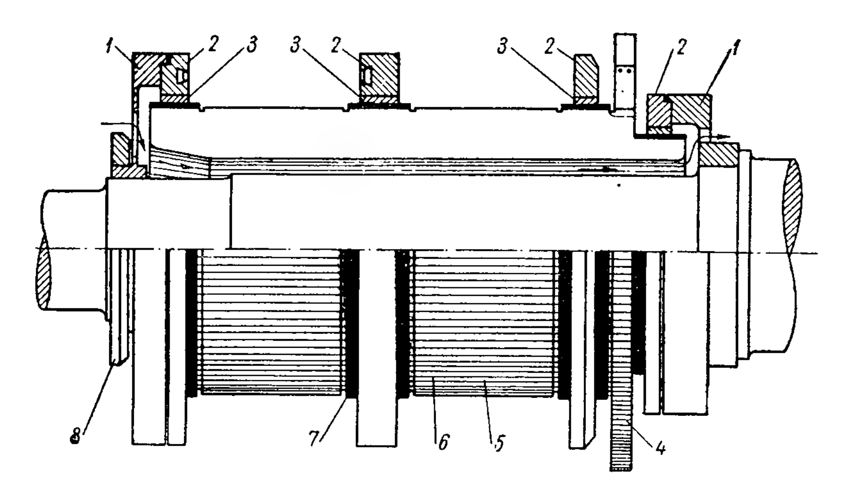


Рис. 79. Мембранный коллектор с тремя бандажными кольцами

1 — мембрана; 2 — наружное стяжное кольцо; 3 — внутреннее стяжное кольцо; 4 — петушки; 5 — коллекторные пластины; 6 — коллекторный миканит; 7 — поясковый миканит; 8 — бандажное кольцо на ступице мембраны. Стрелками показано направление охлаждающего воздуха

Втулочные коллекторы с бандажными кольцами относятся к старым конструкциям, но применяются все еще достаточно широко. Изготовление их сложно и трудоемко. Так, для придания коническим поверхностям больших длин на втулке и коллекторе необходимой конусности приходится многократно снимать пробные стружки. Поэтому в индивидуальном и мелкосерийном производстве, чтобы обеспечить совпадение сопрягаемых конических поверхностей, часто обтачивание миканита на втулке и растачивание коллектора производят либо на токарном, либо на карусельном станке, с одной установки копирной линейки или при одной настройке поворотного суппорта на соответствующий угол.

В последние годы началось внедрение твердых припоев в производство втулочных и мембранных коллекторов, в связи с чем технологию изготовления этих коллекторов пришлось создавать заново.

Если заготовка коллекторных пластин для коллекторов с бандажными кольцами, петушки которых припаиваются к пластинам мягкими припоями, сравнительно проста, поскольку пайка произво-

дится в готовом коллекторе, то с переходом на твердые припои положение стало иным. Пришлось прибегнуть к той технологии заготовки пластин, которая применяется в производстве арочных коллекторов, т. е. подавать на сборку коллекторов пластины с уже припаянными к ним петушками.

Такое различие вызвано сложностью пайки петушков твердыми припоями в готовом коллекторе.

В настоящей главе рассмотрены вопросы производства втулочных коллекторов с бандажными кольцами. Технология же изготовления мембранных коллекторов на твердых припоях приведена в гл. 4-й.

§ 17. Сборка и статическая формовка цилиндра меди

Сборка. В табл. 19 приведена технология изготовления наиболее сложных втулочных коллекторов — с тремя бандажными кольцами, с пайкой петушков оловянно-свинцовыми припоями.

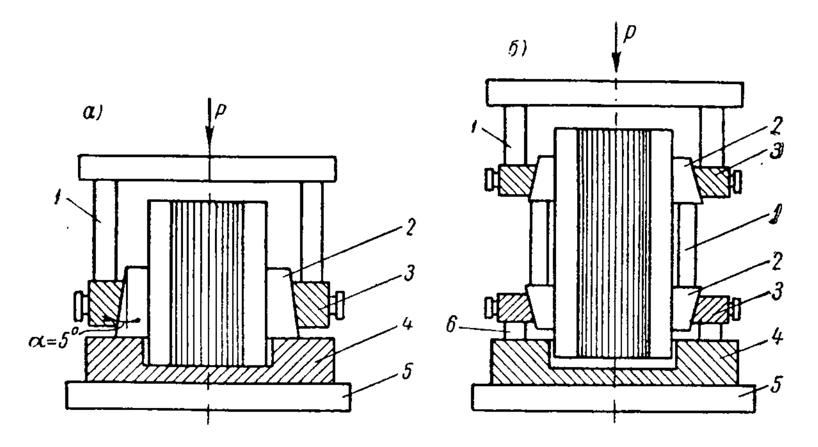


Рис. 80. Приспособления для опрессовки цилиндра меди коллектора с двумя (*а*) и тремя (*б*) бандажными кольцами

1 — упорная планка; 2 — конусный сегмент; 3 — конусное кольцо; 4 — основание; 5 — плита; 6 — кольцо

Сборка цилиндра меди коллектора с бандажными кольцами мало отличается от сборки цилиндра меди арочного коллектора. Цилиндр меди также опрессовывают в конусных приспособлениях, но повышенное межпластинное удельное давление ($P = 500$ *кГ/см*²) вынуждает делать эти приспособления более прочными.

В цилиндре меди коллектора с бандажными кольцами отклонения диаметра не должны превышать 2 *мм*. Диаметр замеряют в четырех диаметрально противоположных точках.

Перекос коллекторных пластин не должен превышать 1,5 *мм* при длине пластин до 300 *мм* и 2,0 *мм* при длине их свыше 300 *мм*. Величину перекоса замеряют на шести пластинах, равномерно расположенных по окружности цилиндра меди.

Таблица 19

Технологический процесс изготовления втулочных коллекторов с тремя бандажными кольцами на мягких припоях

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
1 2 3	Собрать и опрессовать цилиндр меди коллектора (рис. 80) Статически отформовать цилиндр меди коллектора Выточить канавку под углом 30° и расточить ступеиь		Сборочная плита Гидравлический пресс Колокольиая печь для статической формовки Токарный станок	Опрессовочные приспособления	Специальный резец Подрезной резец Штихмасс Шаблон 30° (и для проверки диаметра)
4 5	Устаиовить оправку и снять одно опрессовочное приспособление Проточить три участка под миканитовые пояски		Токарный станок	Оправка Опрессовочное приспособление	Проходной резец Микрометр
6	Наложить миканитовые пояски		—	Электроплитка для подогрева миканита	—

Продолжение

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
7	Опрессовать и выпечь миканитовые пояски		Колокольная печь	Оправка Обжимные приспособления Опрессовочное приспособление	—
8	Снять обжимные приспособления	—	—	Оправка Опрессовочное приспособление	—
9	Обточить миканитовые пояски		Токарный станок	Оправка Опрессовочное приспособление	Проходной резец Микрометр
10	Насадить бандажные кольца на миканитовые пояски		Электропечь для подогрева бандажных колец	Оправка Опрессовочное приспособление	—

Продолжение

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
11	Снять опрессовочное приспособление и оправку	—	—	—	—
12	Расточить предварительно коническое отверстие в коллекторе		Токарный станок	—	Расточной резец Конусный калибр
13 14 15 16	Посадить коллектор на разгониый вал Обточить предварительно коллектор и баидажные кольца, выточить канавки для балаисировки Статически отбалансировать коллектор Динамически отформовать коллектор		Токарный станок Балансировочные параллели Установка для динамической формовки	Разгонный вал	Проходной резец Специальный резец Микрометр Шаблон на профиль канавки
17 18	Фрезеровать в коллекторных пластинах шлицы, под петушки Сверлить в коллекторных пластинах отверстия под штифты		Горизонтально-фрезерный станок Сверлильный станок (электродрель)	Съемный поворотный стол	Дисковая фреза Сверло

Продолжение

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
19	Установить петушки в шлицы коллекторных пластин, штифтовать и запаять		—	—	Электропаяльник Молоток
20	Расточить окончательно в коллекторе коническое отверстие и подрезать торцовое углубление под шайбу		Токарный станок	—	Расточной резец Подрезной резец Конусный калибр Штангенциркуль
21	Запрессовать в коллектор втулку		Гидравлический пресс Колокольная печь	—	—

Продолжение

Номер операции	Нанменование операцни	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
22	Расточить окончательно втулку коллектора		Токарный станок	—	Расточной резец Штихмасс с микрометрической головкой
23	Посадить коллектор на вал якоря		Колокольиая печь	—	—
24	Уложить в пазы железа якоря обмотку, припаять концы обмотки к петущкам и пропитать лаком	—	Ванна для пропитки обмотки Печь для сушки обмотки	—	Электропаяльник

Продолжение

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
25	Продорожить коллектор	—	Установка для продораживания	—	Дисковая фреза
26	Обточить окончательно бандажные кольца и подрезать на них торцы Обточить предварительно коллектор		Токарный станок	—	Проходной резец Подрезной резец Микрометр Штангенциркуль
27	Динамически отбалансировать якорь с коллектором	—	Станок Гишольт	—	—
28	Обточить окончательно коллектор		Быстроходный токарный станок	—	Проходной резец Микрометр

Продолжение

Номер операции	Нанменование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
29	Снять фаски на коллекторных пластннах	—	Токарный станок	—	Нож
30	Шлифовать коллектор (не дольше 2 мнн.) для удаления заусенцев после снятия фасок	—	**Токарный станок**		Наждачное полотно
31	Динамически отбалансировать окончательно якорь с коллектором		Станок Гишольт	—	—

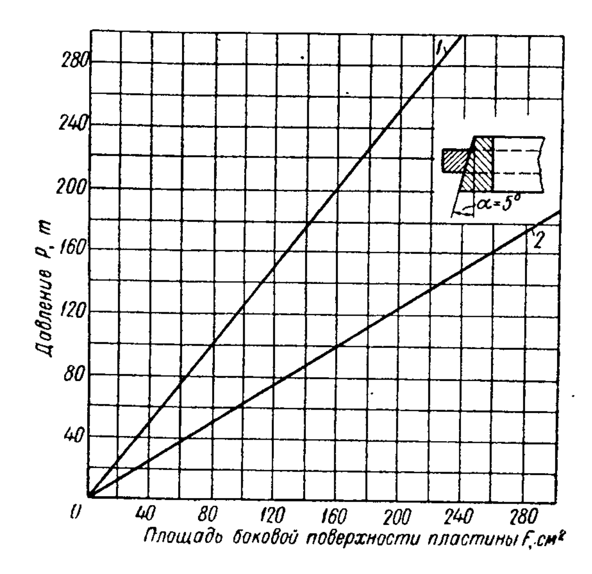


Рис. 81. Графики для определения давления при опрессовке цилиндра меди двух- и трехбандажного коллектора

1 — опрессовка в одном кольце; 2 — опрессовка в двух кольцах при встречном направлении конусов

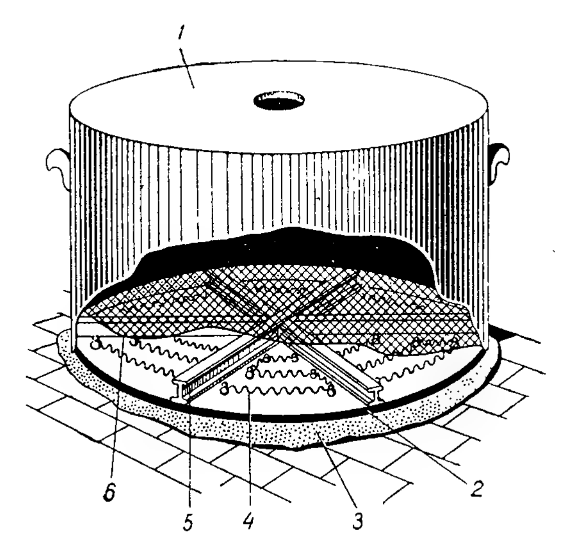


Рис. 82. Колокольная печь для статической формовки коллекторов

1 — крышка; 2 — стальной диск; 3 — песчаная насыпка или асбестовая крошка; 4 — проволочный нагреватель; 5 — крестовина; 6 — сетка

На рис. 80 показана схема опрессовки цилиндра меди коллекторов с двумя и тремя бандажными кольцами, с применением соответственно одного или двух опрессовочных приспособлений.

Усилие опрессовки цилиндра меди определяется по аналогии с арочными коллекторами формулами:

при опрессовке в одном кольце

$$P = 1{,}11\ Fp \cdot 2\pi \mathrm{tg}\,(\delta + \rho);\ [\kappa\Gamma];$$

при опрессовке в двух кольцах

$$P = 1{,}11\ Fp \cdot \pi \mathrm{tg}\,(\alpha + \rho),\ [\kappa\Gamma],$$

где p — удельное давление, равное 500 *кГ/см²*;

F — площадь поверхности одной пластины, прилегающей к межпластинной изоляции, *см²*;

α — угол конуса опрессовочного кольца, равный 5°;

ρ — угол трения, равный 15°.

1,11 — поправочный коэффициент, учитывающий трение подошвы сегментов приспособления.

Для расчетов можно пользоваться графиками рис. 81.

Статическая формовка. Давление пресса при опрессовке цилиндра меди в процессе статической формовки принимается таким же, как и при первой опрессовке в процессе сборки.

Так же как и при статической формовке цилиндра меди арочных коллекторов, межпластинную изоляцию здесь запекают в электропечах колокольного типа (рис. 82) и контролируют терморегулирующими приборами. Температуру замеряют термопарами, закладываемыми в печь вместе с цилиндром меди.

Приняты следующие режимы статической формовки для цилиндра меди коллектора с бандажными кольцами. Первая запечка при 130 ± 10°С продолжительностью 4 часа (время нагрева коллектора до заданных температур не учитывается), последующая опрессовка при 120 ± 10°С; вторая запечка при 150 ± 10°С продолжительностью 5 час., последующая опрессовка при 140 ± 10°С; третья запечка при 170 ± 10°С продолжительностью 6 час., последующие опрессовки: первая при 160 ±10°С, вторая при 20—30°С.

§ 18. Омиканичивание поясков

Отформованный цилиндр меди коллектора поступает на механическую обработку для вытачивания временной конической канавки в торцовой части цилиндра и растачивания ступени (табл. 19, операция 3). После этого через отверстие в цилиндре меди пропускают оправку, надевают на нее конусное кольцо, закрепляемое гайкой, а затем цилиндр коллектора освобождают от одного опрессовочного приспособления (операция 4).

После протачивания трех участков под миканитовые пояски и зачистки обработанных поверхностей от межпластинных затяжек (заусенцев) цилиндр меди коллектора считается подготовленным к наложению миканитовых поясков.

Омиканичивание поясков (операция 6) является трудоемкой и ответственной работой. Она требует большой тщательности.

Чтобы предупредить задирание миканита при обтачивании поясков на токарном станке, следует наклеивать миканитовые полоски так, чтобы их направление было противоположно направлению вращения коллектора. Наклеивают миканитовые полоски при вертикальном положении цилиндра меди коллектора. Сначала участки цилиндра, обточенные под пояски, покрывают лаком № 88, а затем просушивают их на воздухе в течение 20—30 мин.

Миканитовые полоски с одной стороны также покрывают лаком № 88, затем нагревают их на электрической плите до температуры размягчения миканита. После этого миканитовые полоски промазанной стороной накладывают на обточенный участок цилиндра меди, выдерживая заданный шаг t; последнюю полоску ставят под перную, предварительно приподняв ее лопаткой, как указано на эскизе обработки к операции 6. Затем наложенные полоски покрывают чистым бязевым лоскутом и прижимают рукой к цилиндру меди.

Обжимные приспособления с радиальными болтами (операция 7) используются для опрессовки миканита через промежуточные сегменты. Под стыки сегментов рекомендуется ставить тонкие стальные пластины. Подтяжку болтов обжимных приспособлений производят ключом, длина рычага которого обеспечивает создание удельного давления, равного 200—250 *кГ/см²* (табл. 17). Болты подтягивают равномерно по окружности в направлении наклейки изоляции.

Режимы выпечки и опрессовки поясового миканита на глифталевых лаках предусматривают три запечки и три опрессовки в горячем состоянии: первая запечка при 130 $\pm$ 10°C в течение 3 час., последующая опрессовка при 120 $\pm$ 10°C; вторая запечка при 150 $\pm$ 10°C в течение 4 час., последующая опрессовка при 140 $\pm$ 10°C; третья запечка при 170 $\pm$ 10°C в течение 5 час., последующая опрессовка при 160 $\pm$10°C.

§ 19. Насадка бандажных колец

После окончания статической формовки поясового миканита снимают обжимные приспособления; выполняют эту операцию при 20—30°C.

Чтобы избежать расслаивания миканита, миканитовые пояски обтачивают (операция 9) не позднее чем через пять часов после снятия обжимных приспособлений, а последующую насадку бандажных колец на обточенные пояски производят в течение двух часов. Если соблюсти этот срок не представляется возможным, то на миканитовые пояски накладывают плотные бандажи из хлопчатобумажной ленты.

Чтобы предохранить миканитовые пояски от возможных надиров при насадке нагретых бандажных колец, на миканит иногда накладывают полоску белой жести толщиной 0,2—0,3 *мм,* ширина которой равна ширине пояска.

Вопрос о натяге при соединении бандажных колец с миканитовыми поясками коллекторов еще недостаточно изучен. Данные различных электромашиностроительных заводов показывают, что в оди-

наковых условиях (совпадение в размерах коллекторов, количестве коллекторных пластин, толщине поягкового миканита и содержании в нем склеивающих лаков) натяги бывают подчас разными.

Для обоснования выбора величины натяга автор совместно с научно-исследовательскими лабораториями исследовал влияние температуры нагрева на механические свойства стали ОХН3М, из которой изготовляют бандажные кольца.

Установлено, что предельная температура нагрева составляет 400°С; при более высоком нагреве механические свойства стали резко понижаются (рис. 83), и натяг на бандажных кольцах получается меньше задаваемого. Например, в бандажных кольцах

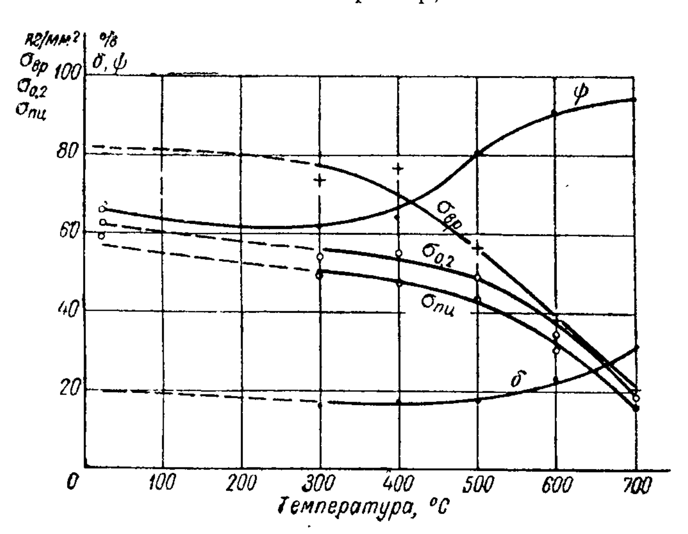


Рис. 83. Влияние температуры нагрева на механические свойства стали ОХН3М

с внутренним диаметром 175 *мм,* после насадки на коллекторы при нагреве до 650°С и натяге $\Delta = 1{,}5$ *мм* наружный диаметр возрастает на величину, достигающую 0,8 *мм.*

Кроме того, высокий нагрев при насадке колец на миканитовые пояски неблагоприятно отражается на миканите, выступающая часть которого сильно при этом расслаивается.

По данным заводов AEG, максимальная температура нагрева наружных и внутренних бандажных колец мембранных коллекторов составляет 300°С.

Исходя из условия сохранения исходных механических свойств материала бандажных колец при температурах до 400°С, по экспериментальным данным был построен график (рис. 84), которым можно руководствоваться при выборе величины натяга.

Кривая выражает зависимость натяга Δ от приведенного среднего диаметра коллектора D_{cp} и высоты h коллекторных пластин при толщине подбандажного поягкового миканита, равной 2,0—2,5 *мм* $\left(\Delta = f\sqrt{D_{\text{ср}}\,h}\right)$.

Чтобы упростить графическое определение величины натяга, мы не учитывали изменения суммарного объема межпластинного миканита, исходя из того, что указанные изменения незначительны, поскольку бандажные кольца насаживаются на отформованный цилиндр меди коллектора.

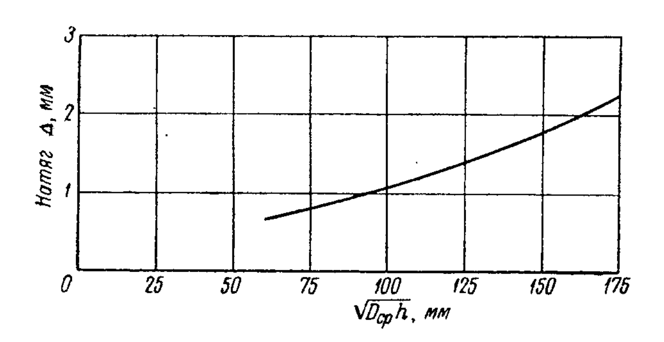


Рис. 84. График для выбора величины натяга при насадке бандажных колец на миканитовые пояски

Для выбора температуры нагрева стальных бандажных колец перед их насадкой на миканитовые пояски служат графики зависи-

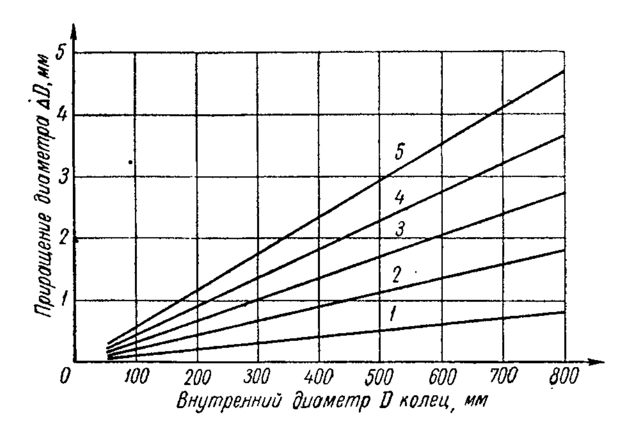


Рис. 85. Графики для определения температуры нагрева бандажных колец перед их насадкой на коллектор

Температура T (°С): 1 — 100; 2 — 200; 3 — 300; 4 — 400; 5 — 500

мости приращения диаметра ΔD от внутреннего диаметра D колец и температуры их нагрева T (рис. 85).

Приращение внутреннего диаметра бандажных колец ΔD может быть также определено по формуле:

$$\Delta D = 0{,}0000122\, D\, (T - 20°)\ [мм].$$

§ 20. Динамическая формовка коллектора

Динамическая формовка коллекторов с бандажными кольцами сходна с динамической формовкой арочных коллекторов. Статически отбалансированный коллектор, закрепленный на разгонном валу, устанавливают в формовочное устройство (рис. 87), закрывают крышкой, включают обогрев печи, и, когда температура коллектора (за нее принимают температуру рабочего пространства печи) устанавливается на уровне 130 ± 10°С, начинают формовку. Число оборотов коллектора доводят до 50% нормального числа оборотов. Формовку коллектора по этому режиму продолжают 2 часа. Затем число оборотов коллектора повышают до 125% нормального числа оборотов и при этой скорости выдерживают коллектор в печи в течение 20 мин., не выключая обогрева печи.

После остановки коллектор проверяют индикатором на радиальное смещение коллекторных пластин. Если оно превышает 0,03 *мм*, формовку повторяют. Смещение пластин может быть определено также трением коллектора о деревянные колодки. Повторную формовку осуществляют при 150 ± 5°С. В остальном ее режим не отличается от режима основной формовки.

Формовка коллекторов на кремнийорганических лаках производится при 180—200°С, продолжительность ее та же, что и при использовании глифталевых лаков.

§ 21. Установка петушков

Фрезерование шлицов на торцовой части коллектора (табл. 19, операция 17) обычно производят на горизонтально-фрезерном станке. Коллектор устанавливают на съемный поворотный стол, закрепляемый на станке, выверяют и зажимают по конической поверхности. Поворачивают стол вручную, через червячную передачу. Следует заметить, что рабочий должен обладать навыками правильного фрезерования шлица в каждой пластине.

Чтобы повысить чистоту стенок шлицев, а также стойкость дисковой фрезы, в процессе резания в качестве смазки применяют парафин. Шлицы фрезеруют на ширину, превышающую толщину петушка на 0,15—0,20 *мм*.

Отверстия в шлицах пластин под штифты сверлят либо электродрелью, либо на сверлильном станке (операция 18), причем диаметр сверла должен быть больше ширины шлица на толщину петушка. Затем в шлицы вставляют петушки (операция 19) и штифтуют их. Для создания натяга при штифтовке диаметр штифта должен несколько превышать ширину шлица. Превышение это не должно быть, однако, больше 0,1 *мм*.

Пайка петушков и коллекторных пластин, установленных описанным способом, сложнее пайки петушков в отдельных пластинах, главным образом, в отношении нагрева мест пайки. Поэтому она требует к себе исключительного внимания со стороны рабочего. Должны быть обеспечены полноценный нагрев места пайки и акку-

ратное запитывание припоем. Чтобы ускорить процесс нагрева и повысить качество пайки, рекомендуется предварительно подогреть коллектор до 120—150°С.

Пайку коллекторов производят электрическими паяльниками. Одна из наиболее простых и оправдавших себя конструкций таких паяльников показана на рис. 86. Эти паяльники широко применяются не только в коллекторном производстве, но и при пайке якорной обмотки с петушками, а также проволочных бандажей.

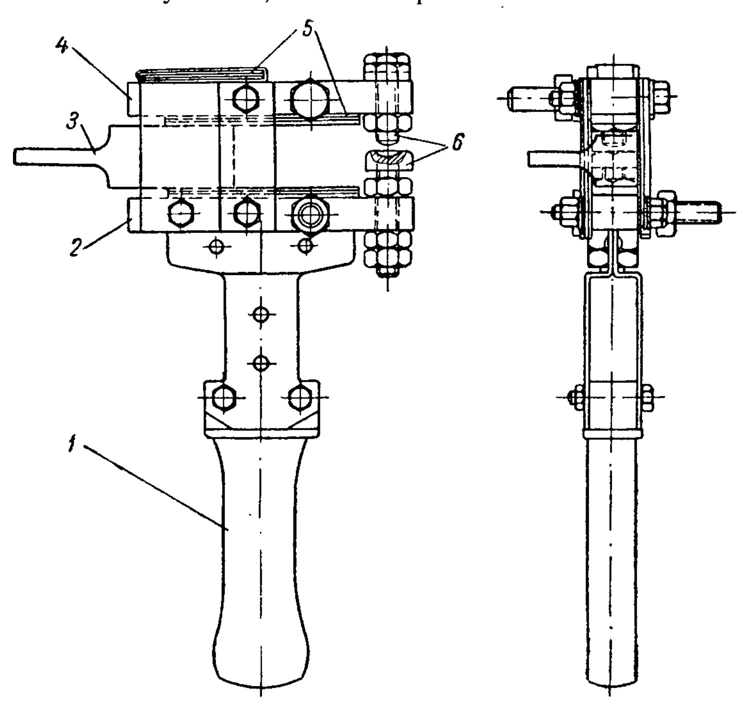


Рис. 86. Электропаяльник, применяющийся на заводе «Электросила»

1 — ручка; 2 — нижняя планка; 3 — медная вставка; 4 — верхняя планка; 5 — нихром, наплавленный на планки; 6 — болты для крепления медной вставки

Использованию паяльников на специальных работах помогают наконечники (вставки) различных форм (рис. 88), обеспечивающие максимальный нагрев. Применяемые при этом трансформаторы обычно имеют силу тока во вторичной цепи 3000 *а*; напряжение 10—36 *в* и мощность 20—30 *квт*, зависящую от площади пайки.

После пайки и проверки межпластинной изоляции окончательно растачивают коническое отверстие коллектора и подрезают торцы под изоляционную шайбу, зачищают коллектор от затяжек меди, протирают его ветошью, смоченной в спирте или бензине, и запрессовывают в нагретом состоянии на изолированную втулку.

Последующие операции аналогичны тем, которые имеют место при изготовлении арочных коллекторов.

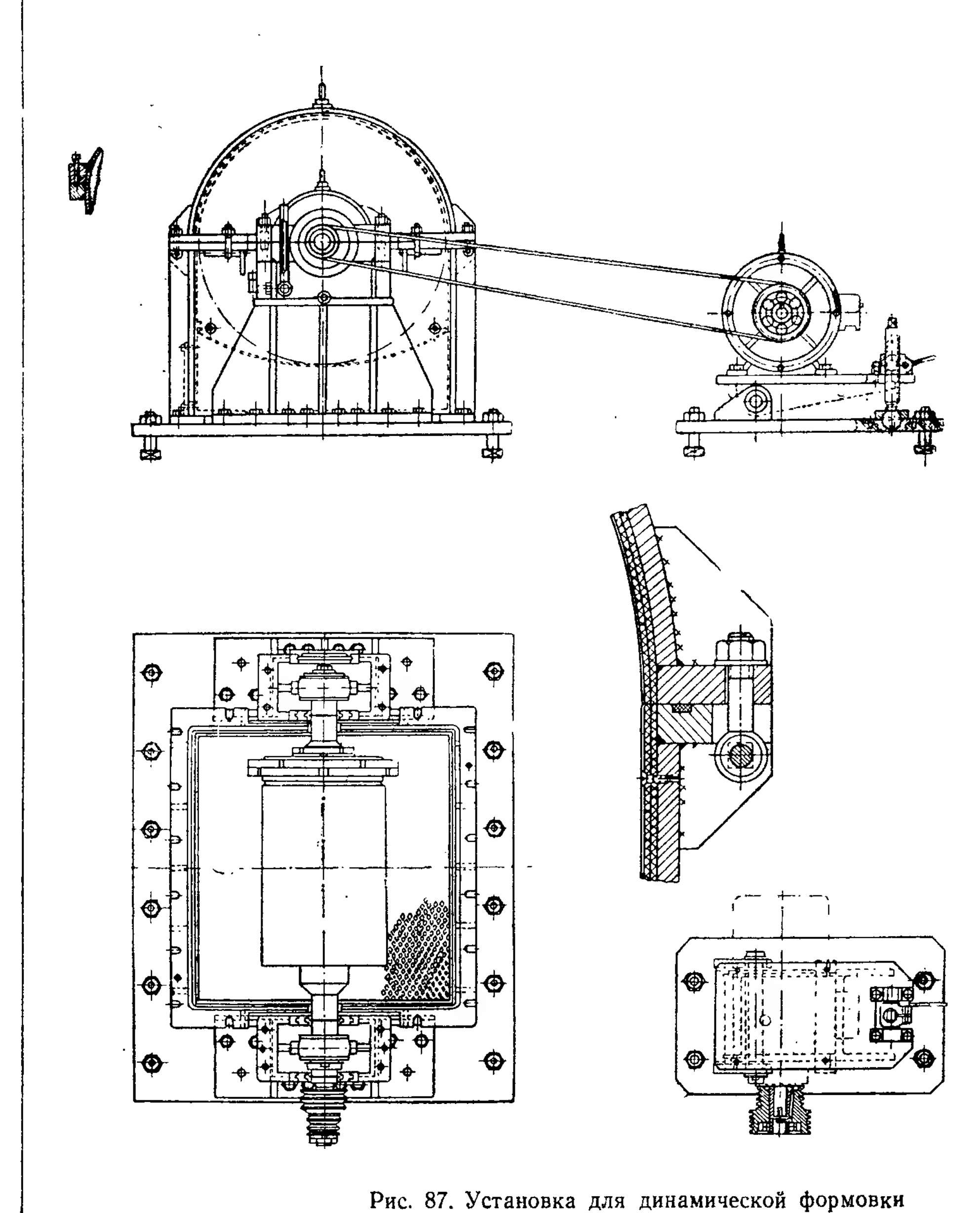
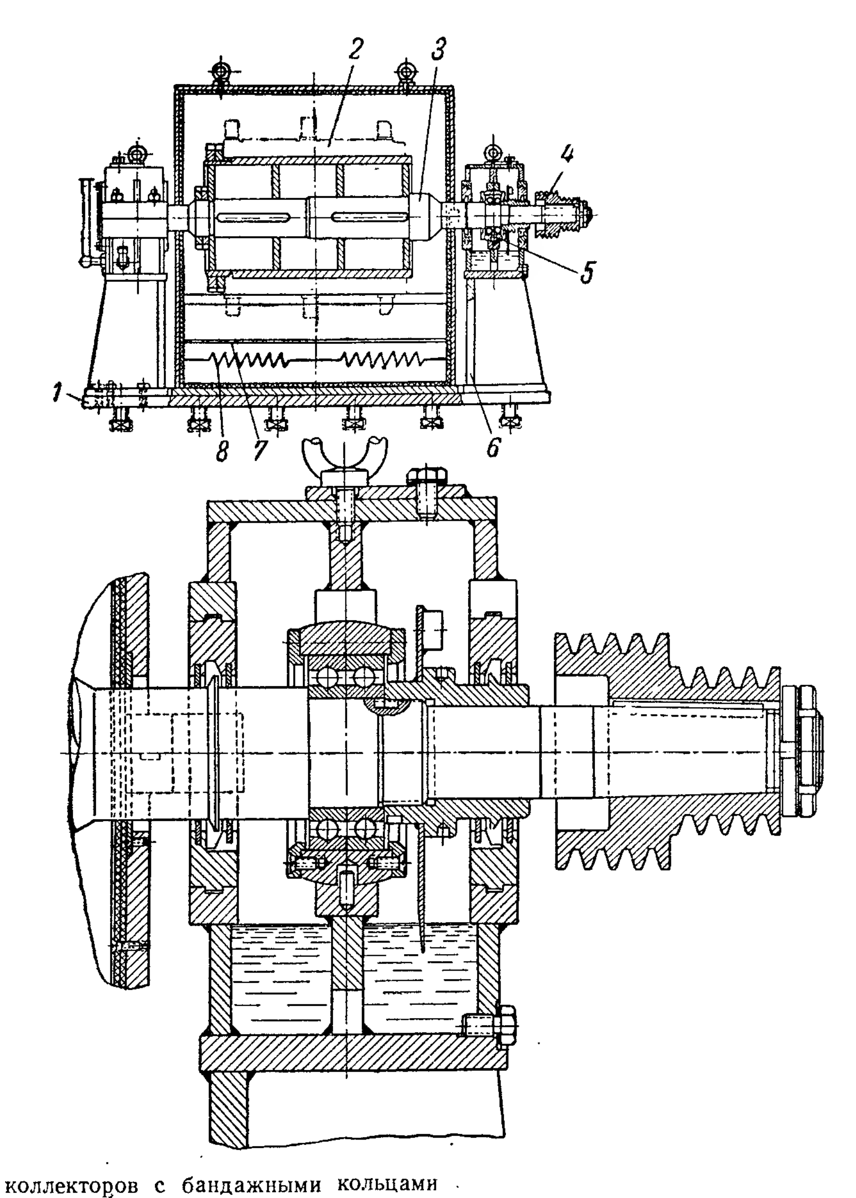


Рис. 87. Установка для динамической формовки

1 — фундаментная плита; 2 — коллектор; 3 — разгонный вал; 4 — шкив для тексропной
8 — нагревательные



коллекторов с бандажными кольцами

передачи; 5 — сферическая обойма шарикоподшипника; 6 — подшипник; 7 — сетка
элементы

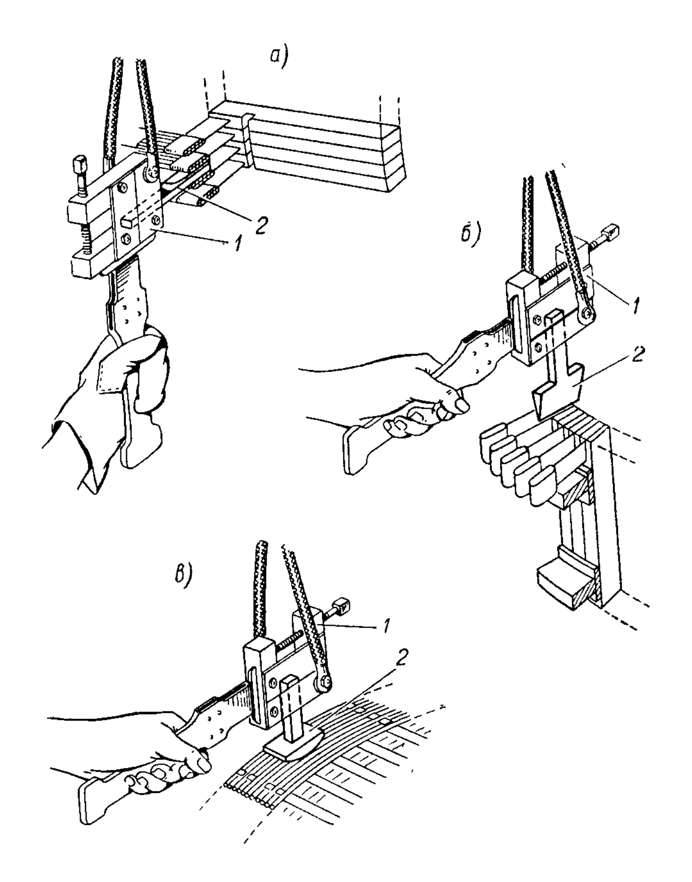


Рис. 88. Вставки к паяльникам: *а* — для пайки обмотки с петушками; *б* — для пайки петушков в собранном коллекторе; *в* — для пайки бандажей
1 — паяльник; 2 — вставка

§ 22. Омиканичивание и обтачивание коллекторных втулок

Омиканичивание. Механическая обработка коллекторной втулки под омиканичивание должна обеспечить концентричность цилиндрического отверстия и наружной конической поверхности втулки. Несоблюдение этого условия приводит к разностенности миканита; при значительной разностенности может произойти пробой на корпус коллектора.

При наружном обтачивании втулок в качестве мерительного инструмента применяют конусные калибры, подобные показанным на рис. 93. Чистота поверхности участка втулки, подвергающегося омиканичиванию, должна соответствовать $\nabla\nabla$ 5.

Отверстие втулки растачивают предварительно с припуском 1,0—1,5 *мм,* для последующей механической обработки.

На обработанный конус коллекторной втулки или вала (при посадке коллектора непосредственно на вал якоря) накладывают фор-

мовочный миканит. Направление чешуек миканита должно быть противоположно направлению вращения втулки при обтачивании миканита.

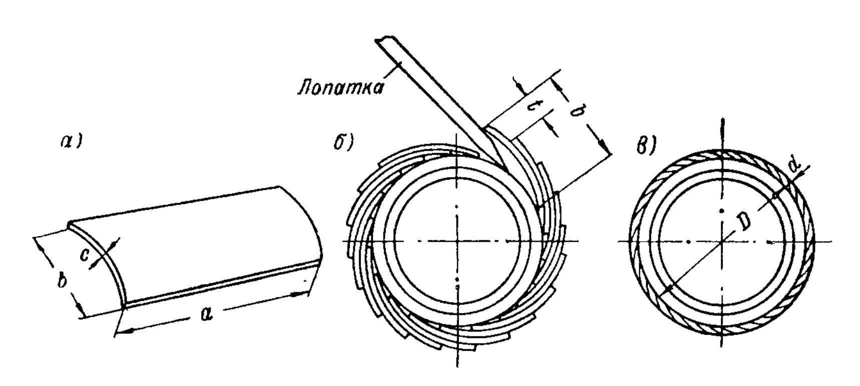


Рис. 89. Заготовки миканита: *а* — отдельная заготовка; *б* — при омикаличивании втулки; *в* — после обработки втулки

Размеры заготовок из формовочного миканита (рис. 89) и их количество могут быть определены по следующим формулам:

$$b = \frac{(d+2)\,t}{c}; \; h = \frac{3{,}3\,D}{t},$$

где b и c — длина и толщина заготовки миканита, *мм*;
d — толщина изоляции после чистового обтачивания миканита, *мм;*
t — шаг наложения миканита, *мм;*
D — диаметр коллекторной втулки или вала якоря, *мм*;
h — количество заготовок миканита на одну втулку или один вал.

Шаг t — принимают равным 10—15 *мм;* толщина заготовки c составляет от 0,5 до 0,7 *мм,* размер a равен длине втулки или вала плюс двухсторонний припуск на обработку, составляющий 10 *мм.*

В приведенных формулах цифра 2 представляет собой односторонний припуск в миллиметрах на механическую обработку миканита; количество заготовок должно быть увеличено на 5% относительно требующегося, с учетом отходов миканита.

Рабочее место коллекторщика, занятого омиканичиванием втулок, показано на рис. 90. Перед наложением миканита коническую поверхность втулки покрывают с помощью кисти тонким слоем лака № 88. Заготовки миканита также покрывают с одной стороны этим лаком, а затем для размягчения нагревают до 120—140°С на электрической плитке, покрытой металлическим листом. Подержав некоторое время заготовки миканита промазанной стороной кверху на нагретом металлическом листе, их накладывают на холодную втулку и обжимают вручную через чистый бязевый лоскут.

Существуют два способа опрессовки миканита на втулке. По первому способу на миканит наклеивают два слоя телефонной бумаги, на нее накладывают внахлест три-четыре сегмента листо-

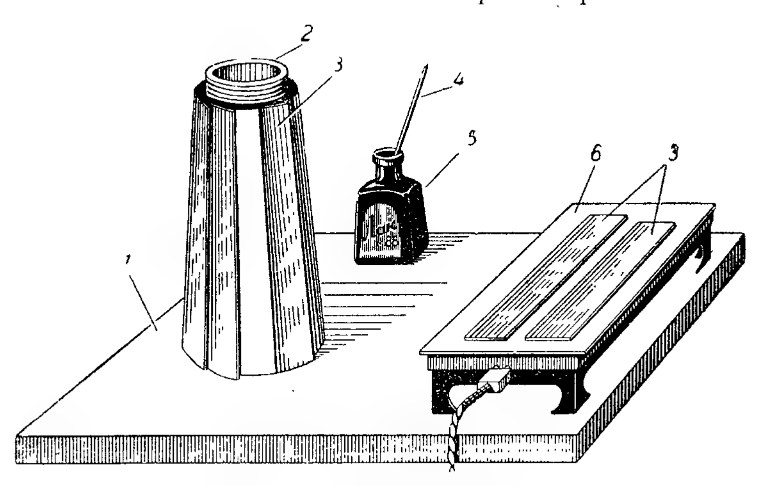


Рис. 90. Рабочее место коллекторщика по омиканичиванию втулок

1 — плита; 2 — коллекторная втулка; 3 — заготовка миканита; 4 — кисточка; 5 — банка с лаком № 88; 6 — электрическая плитка

вой стали толщиной 0,5—1,0 *мм*, которые предварительно закрепляют стальной проволокой (рис. 91).

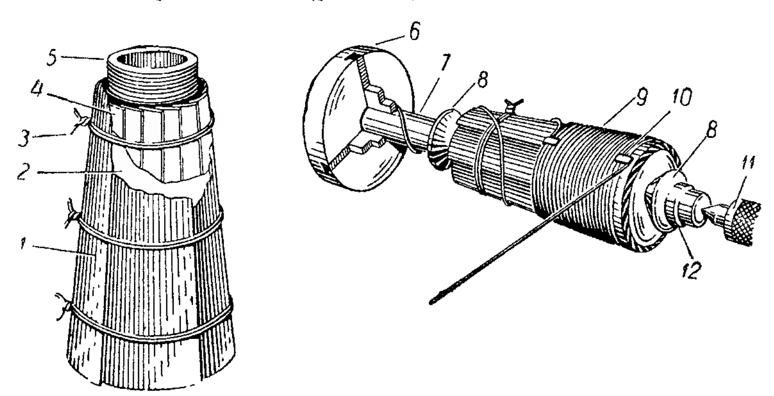


Рис. 91. Схема бандажирования коллекторной втулки

1 — сегмент из листовой стали; 2 — телефонная бумага, наклеенная на миканит; 3 — временная проволочная стяжка; 4 — заготовка миканита; 5 — втулка; 6 — планшайба бандажировочного станка; 7—оправка; 8—конический диск; 9 — проволочный бандаж; 10 — скобка из белой жести для крепления бандажа; 11 — вращающийся центр; 12 — гайка для крепления втулки

Омиканиченную таким образом втулку надевают на оправку и закрепляют, затем устанавливают на бандажировочный станок для наложения сплошного проволочного бандажа диаметром 2 *мм*.

При бандажировании миканита на втулке допускается натяжение проволоки силой в 180—200 *кГ*. Навивку бандажа начинают от середины втулки; при этом направление чешуек должно быть противоположно направлению вращения втулки при бандажировании. Начало и конец проволоки на каждой половине втулки закрепляют скобочками из белой жести, заранее установленными под бандаж, с последующей их пайкой припоем ПОС30.

Формовочный миканит на втулке запекают в электропечах колокольного типа. Первая запечка миканита на глифталевых лаках производится при 130 ± 10°С, длится 4 часа и контролируется терморегулирующими приборами. По окончании первой запечки втулку охлаждают до 40—50°С, затем с нее снимают бандаж. Новый бандаж накладывают так же, как и первоначальный.

Вторую запечку миканита производят при 150 ± 10°С в течение 5 час., третью — при 170 ± 10°С в течение 6 час. После второй запечки втулку охлаждают до 40—50°С, после третьей — до 20°С. Затем снимают бандаж.

Опрессовка по второму способу также основана на чешуйчатом наложении миканита, но производится в специальных прессформах (рис. 92). Режимы формовки миканита те же, что и при первом способе, однако давление в прессформах должно составлять уже 200—250 *кГ/см*^{2}.

Появление незначительных выступающих участков на миканите между сегментами прессформы может быть устранено путем перекрытия зазора металлической прокладкой толщиной 0,5—1,0 *мм*.

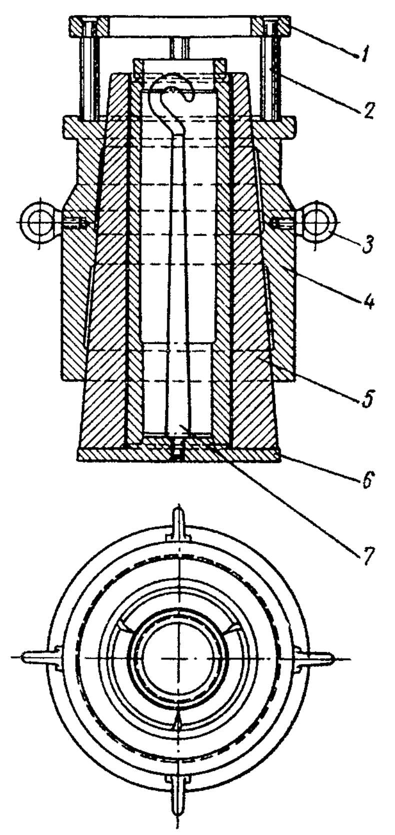


Рис. 92. Прессформа для опрессовки миканита на коллекторной втулке

1 — кольцо для опрессовки; 2 — упорный стержень; 3 — подъемное кольцо; 4 — обойма; 5 — сегмент; 6 — осиованне; 7 — крюк для подъема

Обтачивание. К обтачиванию миканита следует приступать не позднее чем через пять часов после снятия с омиканиченной втулки бандажа или прессформы. Соблюдение этого условия особенно важно для втулок малых диаметров.

Чтобы избежать расслаивания чешуек, рекомендуется не держать обточенный миканит на коллекторной втулке в свободном состоянии (до запрессовки коллектора) долее двух часов. Если осуществить запрессовку в течение этого времени не представляется возможным, то допускается бандажирование миканита хлопчатобумажной лентой.

Как указывалось, обработка конусов на коллекторе и втулке производится на токарных и карусельных станках. Для того чтобы расточить коническое отверстие в коллекторе и обточить миканит на втулке с одной установки копирной линейки токарного станка, необходимо расточной резец поставить в оправке не с левой стороны (если стать лицом к передней бабке), а с правой. Только в этом случае можно расточить коллектор с убыванием диаметра конуса в направлении передней бабки и применить для проверки конусную пробку 2, а для втулки кольцевой конусный калибр *1* (рис. 93).

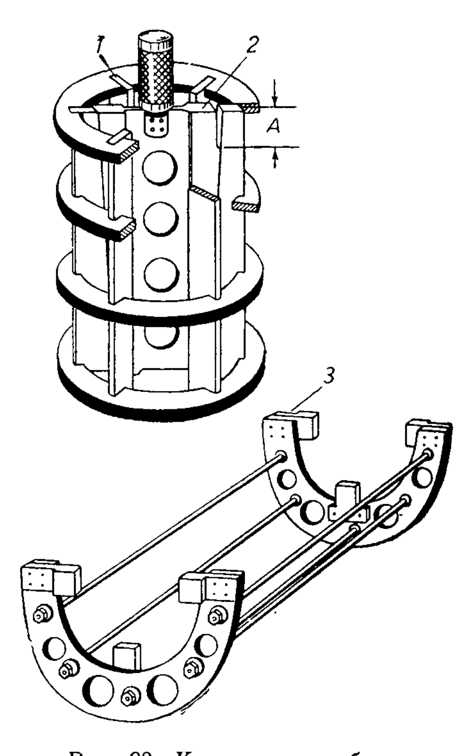


Рис. 93. Конусные калибры

1 — кольцевой калибр; 2 — контркалибр (пластинчатый); 3 — скобчатый калибр. А — заданный натяг, создаваемый при растачивании конуса в коллекторе

При растачивании конуса в коллекторе обычным способом (резец в оправке находится с левой стороны) и обтачивании втулки с убыванием диаметра конуса в направлении передней бабки можно использовать показанный на рис. 93 калибр *3*, состоящий из двух скоб, связанных шпильками.

Такие скобчатые калибры значительно легче кольцевых, проще их и менее трудоемки в изготовлении. Кроме того, они более удобны в эксплуатации. Производя с их помощью замеры на втулке, нет надобности сдвигать заднюю бабку или же отводить суппорт карусельного станка.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ПРОИЗВОДСТВО МЕМБРАННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ТВЕРДЫХ ПРИПОЯХ

§ 23. Особенности мембранных коллекторов

Наиболее современной и совершенной конструкцией коллектора с бандажными кольцами является мембранный коллектор. Отсутствие изолированной втулки делает его менее подверженным корпусным замыканиям и позволяет увеличить диаметр вала в месте посадки коллектора. Последнее обстоятельство может служить основанием для применения мембранных коллекторов в электрических

машинах с высоким числом оборотов, поскольку здесь гарантируется малый прогиб вала. В результате достигается более высокое критическое число оборотов якоря машины.

Применение в мембранных коллекторах двойных бандажных колец — внутренних и наружных (см. рис. 79) — позволяет легко осуществить дополнительную опрессовку межпластинного миканита.

Малое сечение внутренних бандажных колец в коллекторах, изготовленных на твердых припоях, облегчает их насадку на миканитовые пояски. Требуется меньше времени для нагрева, осуществляемого непосредственно на коллекторе. Наличие воздушного пространства между валом якоря и коллектором, через которое проходит охлаждающий воздух, улучшает охлаждение самого коллектора, а также примыкающей к нему лобовой части обмотки.

Мембранные коллекторы лучше втулочных и тем, что они проще и менее трудоемки в изготовлении, требуют меньшего расхода миканита и металлов, обладают более высокими эксплуатационными качествами.

Ремонт мембранных коллекторов проще втулочных. Для снятия коллектора с вала якоря открепляют винты, связывающие первое бандажное кольцо со второй мембраной, нагревают до 200—300°С газовой горелкой бандажное кольцо, установленное на ступице мембраны, снимают это бандажное кольцо и мембрану, а затем, отвинтив болты, отсоединяют коллектор от обмоткодержателя или от первой мембраны.

Как показывает опыт эксплуатации электрических машин отечественного и зарубежного производства, мембранные коллекторы стабильны при всех режимах работы.

Рассмотрим технологию изготовления мембранных коллекторов, приведенную в табл. 20.

§ 24. Сборка, механическая обработка и статическая формовка цилиндра меди

Предварительную сборку цилиндра меди производят в конусных приспособлениях; в них устанавливают технологические картонные прокладки и коллекторные пластины. После этого цилиндр передают на механическую обработку торцов для получения одинаковой длины пластин в комплекте, а также для образования теплоизолирующей канавки (см. рис. 38). Затем цилиндр меди распрессовывают, пластины рассыпают, зачищают от заусенцев, рихтуют и передают сначала на шлицовку, а затем на припайку к ним петушков твердым припоем ПМФ7.

Окончательная сборка цилиндра меди аналогична этой же операции в производстве арочных коллекторов: коллекторные пластины устанавливают петушками вверх, проверяют правильность их расположения и диаметр цилиндра, а затем опрессовывают (см. рис. 59). Опрессованный цилиндр меди поступает на обработку технологических замков на торцовой части (табл. 20, операция 7) для установки опрессовочных дисков.

Таблица 20

Технологический процесс изготовления мембранных коллекторов на твердых припоях

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
1	Собрать предварительно цилиндр меди и опрессовать		Сборочная плита Гидравлический пресс	Опрессовочное приспособление	—
2	Проточить торцы и выточить теплоизолирующую канавку		Токарный или карусельный станок	Опрессовочное приспособление	Подрезной резец Канавочный резец Миллиметровая линейка
3	Распрессовать цилиндр меди	—	Сборочная плита	—	—
4	Зачистить и подрихтовать коллекторные пластины	—	Рихтовочная плита	—	Молоток

Продолжение

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
5	Впаять петушки в коллекторные пластины твердым припоем ПМФ7		Установка для пайки твердыми припоями	—	—
6	Собрать окончательно цилиндр меди и опрессовать		Сборочная плита Гидравлический пресс	Опрессовочные приспособления	—
7	Обработать замки на торцах цилиндра меди для установки опрессовочных дисков		Токарный или карусельный станок	Опрессовочные приспособления	Подрезной резец Канавочный резец Штангенциркуль

Продолжение

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
8	Запрессовать диски, нагретые до 500°С с натягом $\Delta = 0{,}0025\,D$		Электропечь для нагрева дисков	Опрессовочные шпильки и диски Опрессовочные приспособления	—
9	Снять опрессовочные приспособления	—	—	Опрессовочные диски и шпильки	—
10	Обточить цилиндр меди под предварительную установку бандажного кольца		Токарный или карусельный станок	Опрессовочные диски и шпильки	Проходной резец Микрометр

Продолжение

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
11	Завести бандажное кольцо и установить опрессовочные приспособления		Сборочная плита	Опрессовочные приспособления Опрессовочные диски и шпильки	—
12	Статически отформовать цилиндр меди	—	Колокольная печь	Опрессовочные диски и шпильки Опрессовочные приспособления	—
13	Снять верхнее опрессовочное приспособление	—	—	Опрессовочные диски и шпильки Опрессовочное приспособление	—

Продолжение

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
14	Обточить цилиндр меди под миканитовые пояски		Токарный или карусельный станок	Опрессовочные диски и шпильки Опрессовочное приспособление	Проходной резец Микрометр Нож
15	Зачистить цилиндр меди от заусенцев после механической обработки				
16	Наложить миканитовые пояски		Колокольная печь	Обжимные приспособления Опрессовочные диски и шпильки Опрессовочное приспособление	—
17	Опрессовать миканитовые пояски в обжимных приспособлениях				
18	Выпечь миканитовые пояски				

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
19 20	Снять обжимные приспособления с миканитовых поясков Обточить миканитовые пояски		Токарный или карусельный станок	Опрессовочные диски и шпильки Опрессовочное приспособление	Проходной резец Микрометр
21 22	Насадить два верхних бандажиых кольца Снять последнее опрессовочное приспособлеиие		Электропечь для подогрева бандажных колец	Опрессовочные диски и шпильки Прихваты (рис. 95)	—
23	Насадить третье (нижнее) бандажное кольцо		Сварочный трансформатор (или газовые горелки)	Водяные охладители (рис. 94) Опрессовочные диски и шпильки Прихваты (рис. 95)	—

Продолжение

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
24	Снять опрессовочные диски и шпильки		Токарный или карусельный станок	—	Расточной резец Проходной резец Штихмасс с микрометрической головкой Микрометр
25	Расточить предварительно отверстие коллектора и обточить внутренние бандажные кольца				
26	Насадить наружные бандажные кольца		Электропечь для нагрева бандажных колец	Прихваты (рис. 95)	—
27	Обточить коллектор под четвертый миканитовый поясок и зачистить коллекториые пластины от затяжек меди		Токарный или карусельный станок	—	Подрезной резец Микрометр Нож

Продолжение

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
28	Наложить и опрессовать четвертый миканитовый поясок, наложить ленточные бандажи на выступающий миканит вблизи бандажных колец		Колокольная печь	Обжимное приспособление Ленточные бандажи	—
29	Выпечь четвертый миканитовый поясок				
30	Снять обжимное приспособление	—	—	—	—
31	Обточить четвертый миканитовый поясок		Токарный или карусельный станок	—	Подрезной резец Микрометр

Продолжение

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
32 33	Насадить четвертое внутреннее бандажное кольцо и наложить ленточные бандажи на выступающий вблизи него миканит Обточить четвертое внутреннее бандажное кольцо	∇9	Электропечь для нагрева бандажных колец Токарный или карусельный станок	Прихваты (рис. 95) Ленточные бандажи	Проходной резец Микрометр
34	Насадить четвертое наружное бандажное кольцо		Электропечь для нагрева бандажных колец	Прихваты (рис. 95)	—

Продолжение

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
35 36	Окончательно расточить отверстие в коллекторе и подрезать на нем торцы, предварительно обточить бандажные кольца и подрезать на них торцы, обточить на первом и четвертом бандажных кольцах центрирующие замки под мембраны Зачистить коллектор от заусенцев после механической обработки и проверить на межпластинное замыкание		Токарный или карусельный станок	—	Подрезной резец Проходной резец Расточной резец Микрометр Штихмасс с микрометрической головкой Штангенциркуль
37	Сверлить отверстия и нарезать резьбу в первом и четвертом бандажных кольцах		Сверлильный станок	Кондуктор	Сверло Метчики

Продолжение

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
38 39 40	Наложить ленточные бандажи на выступающий миканит и насадить коллектор на разгонный вал Статически отбалансировать коллектор Динамически отформовать коллектор		Балансировочные параллели Установка для динамической формовки	Ленточные бандажи Разгонный вал	—
41	Снять коллектор с разгонного вала Окрасить эмалью внутреннюю поверхность коллектора и просушить	—	—	—	Кисть
42	Насадить коллектор на первую мембрану вала		—	—	Ключ
43 44	Насадить вторую мембрану на вал и соединить ее с первым бандажным кольцом коллектора Насадить на ступицу второй мембраны бандажное кольцо		Электропечь для подогрева бандажных колец	—	Ключ

Продолжение

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
45	Уложить в пазы железа якоря обмотку, припаять концы обмотки к петушкам и пропитать лаком	—	Ванна для пропитки обмотки Печь для сушки обмотки	—	Электропаяльник
46	Продорожить коллектор	—	Установка для продораживания	—	Дисковая фреза
47	Окончательно обточить бандажные кольца и подрезать на них торцы, обточить предварительно коллектор		Токарный станок	—	Проходной резец Подрезной резец Микрометр Штангенциркуль
48	Днимически отбалансировать якорь с коллектором	—	Станок Гишольт	—	—

Продолжение

Номер операции	Наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование	Приспособления	Инструмент
49	Обточить окончательно коллектор		Быстроходный токарный станок		Проходной резец, оснащенный алмазом Микрометр
50	Снять фаски на коллекторных пластинах	—	Токарный станок	—	Нож
51	Шлифовать коллектор (не дольше 2 мин.) для удаления заусенцев после снятия фасок	—	Токарный станок	—	Наждачное полотно
52	Окончательно динамически отбалансировать якорь с коллектором	—	Станок Гишольт	—	—

Для выбора величины натяга опрессовочных дисков можно воспользоваться кривой на рис. 85, построенной из расчета максимально допустимой температуры нагрева дисков в 500°С.

После того как цилиндр меди закреплен дисками, с него снимают опрессовочные приспособления; затем цилиндр обтачивают, заводят на него одно бандажное кольцо, располагая его вблизи петушков, и снова устанавливают опрессовочные приспособления (операция 11).

Последующую статическую формовку цилиндра меди производят так же, как при изготовлении втулочных коллекторов.

Для обтачивания коллектора под миканитовые пояски (операция 14) снимают одно опрессовочное приспособление. Омикanичивание, опрессовку и выпечку поясков под бандажные кольца производят так же, как у втулочных коллекторов.

§ 25. Насадка бандажных колец

После того как выпеченные миканитовые пояски обточены, на них насаживают внутренние бандажные кольца с натягами, выбранными по рис. 84. Удобнее сначала насадить два верхних кольца, а после их охлаждения снять последнее опрессовочное приспособление и приступить к насадке третьего бандажного кольца.

Третье внутреннее бандажное кольцо нагревают непосредственно на коллекторе электроконтактным способом или же с помощью газосварочной горелки. Продолжительность нагрева зависит от размеров бандажного кольца, мощности трансформатора, размера и количества газовых горелок. Максимальная продолжительность нагрева бандажных колец газовыми горелками наибольших размеров практически не превышает 7 мин. Бандажные кольца диаметром 600 *мм* нагревают двумя горелками № 4.

При нагреве бандажного кольца непосредственно на коллекторе следует предотвратить передачу тепла пламени газовой горелки коллекторным пластинам и поясковому миканиту. Для этого вблизи нагреваемого бандажного кольца устанавливают специальные водяные охладители (рис. 94), состоящие из двух частей, связанных между собою шарниром с откидным болтом. Каждая часть охладителя представляет собой пустотелую латунную рубашку, внутренняя цилиндрическая поверхность которой соответствует диаметру миканита и цилиндра меди. Внутри охладителя циркулирует вода, поступающая по резиновым трубкам из водопроводной магистрали; по резиновым же трубкам нагретая вода уходит в канализационную сеть. Специальные прихваты (рис. 95) облегчают установку нагретых бандажных колец.

Дальнейшая последовательность изготовления коллектора видна из карты технологического процесса (табл. 20).

После обтачивания внутренних бандажных колец и растачивания отверстия в коллекторе на него насаживают наружные (главные) бандажные кольца. Натяг на бандажном кольце не должен превышать 75% значения, выбранного по рис. 84.

По данным германской фирмы AEG, натяг внутренних бандажных колец на миканитовые пояски составляет 0,002 *D*. По тем же данным, натяг составляет 0,0015 *D* наружных бандажных колец диаметром до 500 *мм* и 0,002 *D* для колец диаметром свыше 500 *мм*. При этом нагрев бандажных колец допускается до 300°С.

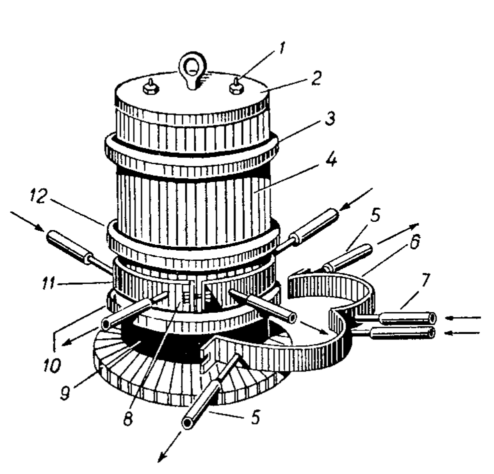


Рис. 94. Водяные охладители для нагрева третьего бандажного кольца непосредственно на коллекторе

1 — стяжная шпилька с гайкой; 2 — опрессовочный диск; 3 — первое внутреннее бандажное кольцо; 4 — цилиндр меди; 5 — трубка для отвода воды; 6 — нижний водяной охладитель (устанавливается на миканитовый поясок); 7 — трубка для подвода воды; 8 — откидной болт; 9 — миканитовый поясок; 10 — третье внутреннее бандажное кольцо; 11 — верхний водяной охладитель; 12 — второе внутреннее бандажное кольцо

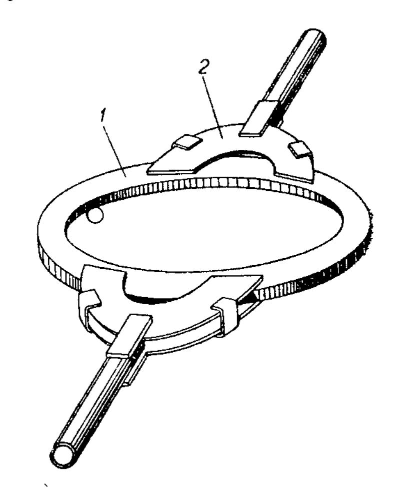


Рис. 95. Прихваты для насадки нагретых бандажных колец на миканитовые пояски

1 — бандажное кольцо; 2 — прихват

Сверление отверстий и нарезание резьбы в первом и четвертом бандажных кольцах для крепления коллектора с мембранами (табл. 20, операция 37) производят по кондуктору после насадки бандажных колец и протачивания на бандажных кольцах центрирующих замков.

§ 26. Динамическая формовка и насадка коллектора на вал

Динамическую формовку мембранных коллекторов производят в специальных установках (рис. 86), по аналогии с динамической формовкой втулочных коллекторов.

Для того чтобы удлинить срок службы подшипников этих установок и обеспечить правильную формовку мембранных коллекторов, вращающихся со скоростью, превышающей 50 *м/сек*, следует перед формовкой отбалансировать коллекторы не только статически, но и динамически.

Устанавливают коллектор на разгонном валу по скользящей посадке 3 класса точности, с дополнительным креплением торцовой гайкой.

После разгона, снятия заусенцев и испытания коллектора на межпластинное замыкание его внутреннюю цилиндрическую поверхность три раза окрашивают эмалью (табл. 20, операция 41).

При насадке отформованного коллектора на вал якоря четвертое бандажное кольцо соединяют винтами по плотной посадке 2 класса точности с первой мембраной (операция 42). Мембрану центрируют по замку бандажного кольца.

После этого первое бандажное кольцо коллектора соединяют винтами со второй мембраной, с центрированием по замку бандажного кольца.

Мембраны заводят на вал по скользящей посадке 2 класса точности.

Затем на разрезанную в шести местах ступицу второй мембраны (в виде цанги) насаживают бандажное кольцо по горячей посадке 2 класса точности.

Последующие операции изготовления мембранного коллектора приведены в табл. 20; они не отличаются от аналогичных операций для втулочного коллектора.

Окончательное обтачивание быстроходных мембранных коллекторов рекомендуется производить резцами, оснащенными алмазами, при скоростях резания, близких к рабочим скоростям коллекторов.

Перед тем как приступить к обработке этими резцами, необходимо коллектор предварительно обточить на валу и тщательно отбалансировать, так как наличие хотя бы небольшого небаланса неизбежно повлечет за собой при высоких скоростях резания понижения чистоты поверхности коллектора.

ГЛАВА ПЯТАЯ

РЕМОНТ КОЛЛЕКТОРОВ

§ 27. Предварительные замечания

Уже отмеченное выше отсутствие литературы по коллекторному производству отрицательно сказывается и на организации ремонта коллекторов. Предприятия, эксплуатирующие электрические машины постоянного тока, вынуждены производить ремонт коллекторов только на основе своей практики, без учета опыта, накопленного электромашиностроительными заводами. Ремонт коллекторов производится здесь с неоправданно большими затратами труда и материалов. Нередко проводятся дорогостоящие экспериментальные работы по исследованным уже вопросам.

Отремонтированные на этих предприятиях коллекторы часто получаются неотформованными, с постепенным радиальным смеще-

нием (выползанием) пластин в процессе эксплуатации; в коллекторах появляются искрения, вибрации, пробой формовочного и коллекторного миканита и т. д.

В настоящей главе излагаются некоторые рекомендации по ремонту коллекторов арочных и с бандажными кольцами, основанные на обобщении опыта ремонта коллекторов на электромашиностроительных заводах и на предприятиях, обслуживающих электрические машины.

Следует заметить, что при проведении ремонта коллекторов необходимо знакомство с технологией их изготовления, изложенной в предыдущих главах книги. Здесь же будут рассмотрены только отдельные, часто встречающиеся приемы мелкого и крупного ремонта коллекторов.

§ 28. Мелкий ремонт коллекторов

Замена поврежденных петушков. При транспортировании, монтаже и эксплуатации электрических машин не исключена возможность повреждения петушков. Известны случаи массового разрушения длинных петушков вблизи заделки их в коллекторные пластины.

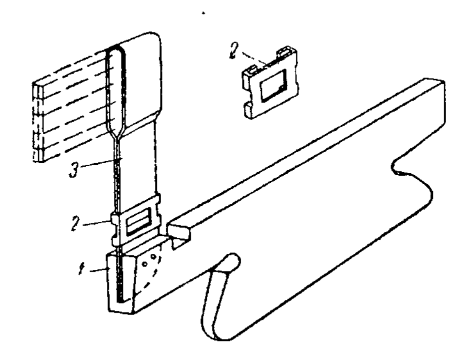


Рис. 96. Схема пайки в месте поломки петушка с применением скобы
1 — коллекторная пластина; 2 — скоба; 3 — петушок

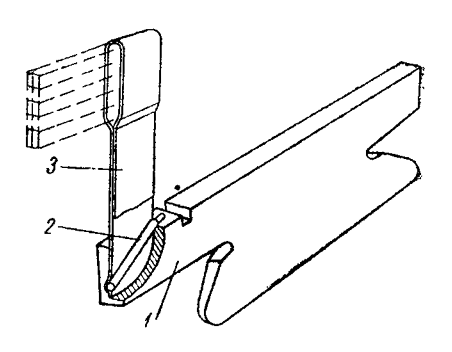


Рис. 97. Схема установки нового петушка взамен поврежденного
1 — коллекторная пластина; 2 — штифт; 3 — петушок

В зависимости от места поломки петушка можно рекомендовать два способа ремонта. Если место поломки петушка удалено больше чем на 10 *мм* от места его заделки в коллекторную пластину, сломанные части петушка следует спаять; в место пайки желательно поставить медную скобу толщиной 0,5—1,0 *мм*, припаяв ее к петушку (рис. 96).

Если поломка петушка произошла вблизи места заделки его в коллекторную пластину, то сломанный петушок заменяют новым. Для этого с якорной обмотки снимают проволочный бандаж, отпаивают головку петушка от ее концов, крейцмейселем вырубают

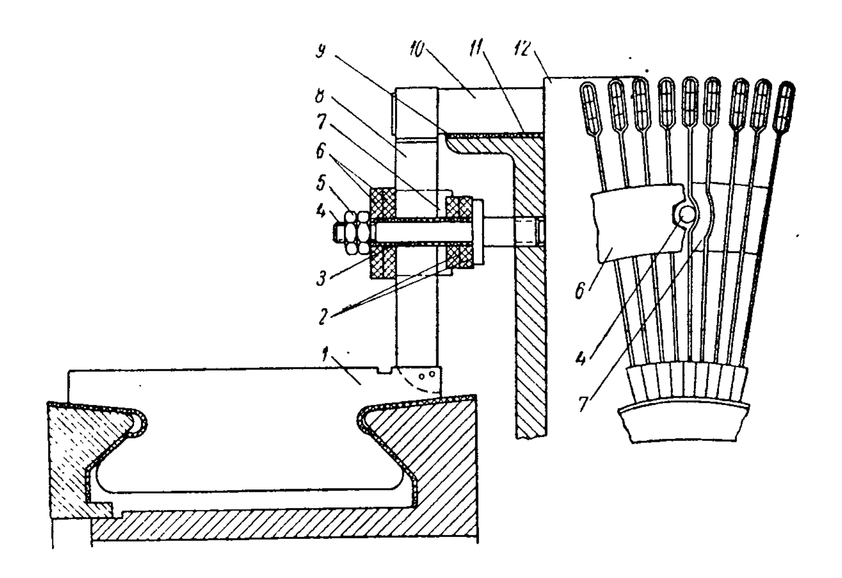


Рис. 98. Дополнительное крепление длинных петушков

1 — коллекторная пластина; 2 — нижние гетинаксовые сегменты; 3 — изоляционная втулка; 4 — специальная шпилька; 5 — гайка; 6 — верхние гетинаксовые сегменты; 7 — межпетушковая гетинаксовая распорка; 8 — петушок; 9 — обмоткодержатель; 10 — лобовая часть обмотки; 11 — изоляция обмоткодержателя; 12 — железо якоря

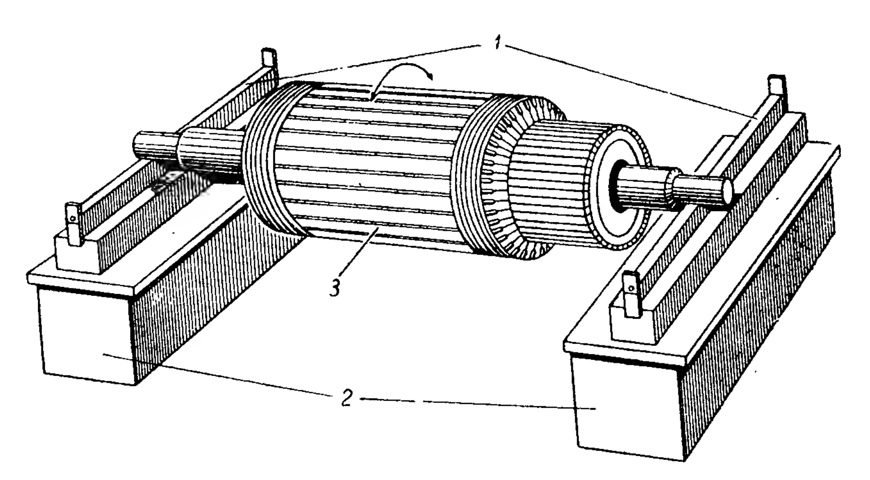


Рис. 99. Параллели для статической балансировки коллекторов и якорей

из пластины оставшийся в ней хвостовик петушка, просверливают в пластине наклонное отверстие под штифт (рис. 97). Затем изготовляют и облуживают новый петушок, соединяют его головку с обмоткой, а хвостовик вставляют в подготовленный шлиц пластины; при этом зазоры между стенками петушка и шлица не должны превышать 0,2 *мм*.

В установленный петушок вставляют штифт и припаивают петушок к пластине и к обмотке. После пайки на обмотку накладывают новый проволочный бандаж и производят балансировку якоря.

В случае, если массовая поломка петушков произошла из-за несовершенства конструкции, необходимо в срочном порядке известить об этом завод-изготовитель, чтобы тот мог принять необходимые меры по предупреждению выпуска машин с подобными дефектами. Что касается коллектора, с которым произошла такая авария, то крепление петушков в нем должно быть усилено (рис. 98).

Схема статической балансировки якорей показана на рис. 99. Направляющие параллели *1*, расположенные на балансировочных стойках *2*, должны быть тщательно установлены по ватерпасу и иметь прямолинейную шлифованную поверхность. Якорь *3* считается отбалансированным, если он останавливается при его качении в разных положениях. Балансировочные грузы устанавливают на обмоткодержателях и нажимных кольцах коллектора.

Динамическая формовка коллектора. Отдельные коллекторные пластины в процессе эксплуатации машины получают радиальное смещение. Чаще всего это наблюдается после крупного ремонта, связанного с разборкой коллектора для замены изоляции или коллекторных пластин, но иногда встречается и у недостаточно отформованных коллекторов новых машин. В этих случаях сначала подтягивают болты или шпильки арочных коллекторов или гайки коллекторов с бандажными кольцами; затем коллектор обтачивают.

Если дополнительное подтягивание не приводит к стабилизации, то производят динамическую формовку коллектора.

В мелких якорях коллекторы формуют на токарных станках. Для этого в резцедержатель *1* (рис. 100) ставят деревянную колодку *2* и формуют по режимам, указанным в § 13. Величину радиального смещения пластин после формовки проверяют по индикатору или по цветам побежалости на смещенных пластинах. Если смещение пластин превышает 0,03 *мм*, коллектор *3* обтачивают и затем повторяют формовку.

Формовку на станке следует производить со скоростями, приближающимися к рабочим скоростям машины. Для этого в пиноль задней бабки *4* устанавливают вращающийся центр *5*.

Что касается крупных коллекторов, то их формуют ранее указанным способом.

Ремонт подбандажной изоляции. При пробое миканитового пояска в коллекторе с бандажными кольцами сначала на то место коллектора, которое находится вблизи бандажного кольца, накла-

дывают один слой проволочного бандажа, затем кольцо нагревают газовой горелкой до 400—500°С и снимают с миканитового пояска (рис. 101).

Для определения диаметра нового миканитового пояска замеряют отверстие снятого бандажного кольца и по кривой рис. 84 устанавливают требуемый натяг на миканитовый поясок.

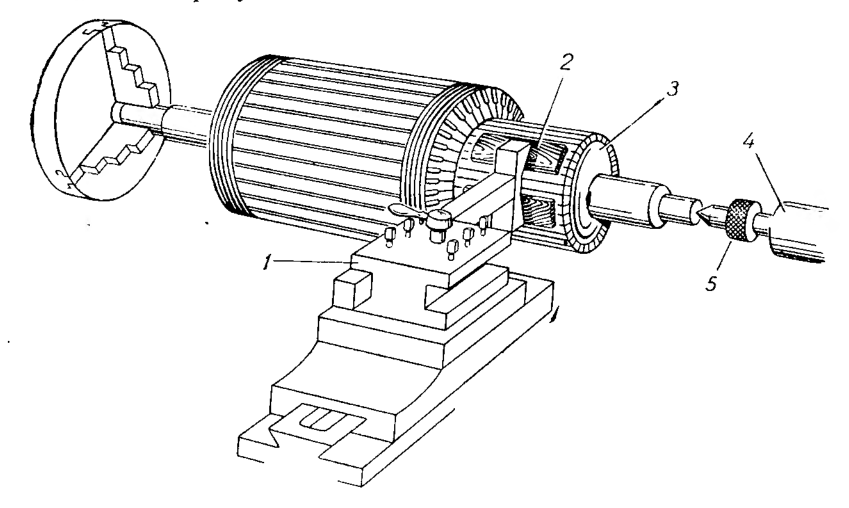


Рис. 100. Схема динамической формовки коллектора на токарном станке

Технология наложения миканитового пояска, формовки и обтачивания пояска такая же, как и при изготовлении новых коллекторов. Насадка бандажного кольца на новый миканитовый поясок производится при 400—500°С.

Обтачивание коллектора. Периодическое обтачивание коллектора исправляет его цилиндрическую поверхность, изношенную щетками. Удлинению срока службы коллектора способствует правильный подбор угольных щеток.

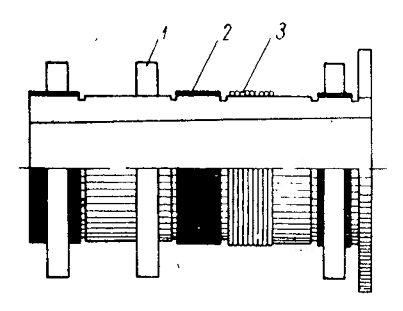


Рис. 101. Схема ремонта подбандажной изоляции для среднего бандажного кольца

1 — бандажное кольцо; 2 — новый миканитовый поясок; 3 — проволочный бандаж

Припуск на обтачивание коллектора зависит от величины его износа на участках трения щетками и обычно составляет 0,1—0,2 *мм* на сторону, а в отдельных случаях и больше.

Обтачивают коллектор с помощью переносных суппортов токарных станков, прочно закрепляя их на специальных подставках. Вылет резца должен быть возможно меньшим. Желательно иметь механические подачи от отдельного электродвигателя. Применяемые для этого резцы были показаны на рис. 76.

Последующее продораживание (фрезерование межпластинного миканита) на глубину 1,0—1,5 *мм* нередко производится специальными ручными скребками, но лучше применять вместо них ручные машинки для продораживания (см. рис. 73).

Для снятия фасок с пластин после продораживания и обтачивания коллектора применяют специальный нож (рис. 102). Его обычно изготовляют из обломков ножовочного полотна.

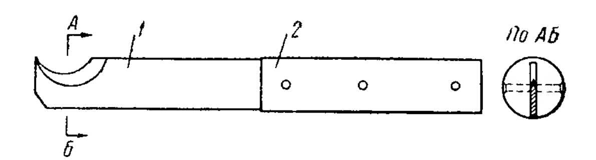


Рис. 102. Нож для снятия фасок с пластин коллектора

1 — ножовочное полотно; 2 — деревянная ручка

Заусенцы, образовавшиеся на коллекторе при снятии фасок, снимают путем шлифования мелкозернистым наждачным полотном.

§ 29. Сложный ремонт коллекторов

Сложным считается всякий ремонт, требующий частичной или полной разборки коллектора (без разборки коллекторных пластин). Необходимость в таком ремонте в большинстве случаев вызывается пробоем миканитовых манжет или коллекторного миканита. Разрушение сопрягаемых деталей коллектора при пробоях достигает иногда значительных величин. Заделка дефекта и весьма ответственная повторная сборка и стабилизация коллектора могут быть доверены только высококвалифицированным рабочим.

Пробой конуса 30° у манжеты на нажимном кольце. Чтобы исправить повреждение манжеты, на коллектор накладывают ленточный или проволочный бандаж, а затем освобождают болты или шпильки и осторожно снимают нажимное кольцо. Оставшуюся миканитовую манжету на конусах коллектора тщательно осматривают на предмет установления повреждений коллекторных пластин и нажимного кольца.

Если в результате пробоя манжеты на нажимном кольце или коллекторе остались незначительные следы, то эти места тщательно зачищают мелкозернистой шкуркой, а выгоревшую часть манжеты ремонтируют путем наслоения чешуек слюды, смазанных тонким слоем шеллака. В месте заделки манжета делается толще на 8—10% за счет склеивающих лаков, но их можно и должно частично выдавить при формовке и опрессовке коллектора. Для этого нажимное кольцо подогревают перед сборкой до 120—140°С.

Если коллекторные пластины на конусе 30° ласточкина хвоста значительно выгорели, их заменяют новыми. Изготовление новых

пластин требует подготовки шаблонов для профиля коллекторной меди и ласточкина хвоста. Эти шаблоны должны соответствовать поврежденным пластинам.

После того как бандаж снят с лобовой части обмотки и произведена распайка петушков от нее, поврежденные пластины вынимают из их мест. Легкими ударами ручника по зубилу или крейцмейселю пластину передвигают вдоль ее оси до выхода из ласточкина хвоста коллекторной втулки. В освобожденное гнездо вводят временные клинья, а затем постепенно заводят новые пластины совместно с коллекторным миканитом.

Нажимное кольцо, получившее значительное повреждение, подваривают электросваркой; наплавленный участок пригоняют по конусным шаблонам.

Пробой конуса 30° у манжеты на втулке коллектора. Всего сложнее ремонт, производимый при пробое манжеты на коллекторной втулке: коллектор приходится распаивать от якорной обмотки и разбирать.

Разбирают коллектор в следующем порядке: на коллектор накладывают проволочный бандаж, с лобовой части обмотки снимают бандаж, распаивают петушки от обмотки, снимают нажимное кольцо коллектора, снимают цилиндр меди.

Если повреждения манжеты незначительны и нет заметных повреждений конусов коллекторной втулки и пластин, то поврежденное место тщательно зачищают, после чего на него наклеивают слюдинки ранее описанным способом.

При значительных повреждениях необходимо коллекторные пластины заменить новыми. Выгоревшее место в конусах втулки коллектора подваривают электросваркой и пригоняют по конусным шаблонам. Пластины заменяют совершенно так же, как и при пробое манжеты на нажимном кольце.

Установку цилиндра меди на коллекторную втулку следует производить с особой тщательностью. Каждый петушок должен быть правильно подведен к концам якорной обмотки, а затем надет на нее. Вслед за тем устанавливают нажимное кольцо с манжетой и закрепляют болтами или шпильками. Собранный и запаянный с обмоткой коллектор обтачивают и балансируют.

После этого обязательна динамическая формовка коллектора путем трения деревянными колодками, остальные операции проводятся по технологии, указанной в предыдущих главах книги.

Егоров Борис Александрович

ПРОИЗВОДСТВО И РЕМОНТ
КОЛЛЕКТОРОВ КРУПНЫХ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Редактор *Л. М. Резницкий*

Техн. редактор *Е. М. Соболева*

Сдано в производство 23/I 1959 г.
Подписано к печати 4/VIII 1959 г.
М-05547. Печ. л. 9,25. Бум. л. 4,63.
Учет.-изд. л. 9,2. Формат $60 \times 92^1/_{16}$.
Тираж 6300 Заказ 122. Цена 4 р. 60 к.

Типография КОИЗ, Ленинград, Фонтанка, 62